



TFW

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants: Windhap et al.
Appl. No.: 10/597,402
Filed: July 24, 2006
Conf. No.: 1485
Title: LOW TEMPERATURE EXTRUSION PROCESS AND DEVICE FOR
ENERGY OPTIMIZED AND VISCOSITY ADAPTED MICRO-
STRUCTURING OF FROZEN AERATED MASSES
Art Unit: Unknown
Examiner: Unknown
Docket No.: 112701-742

Mail Stop
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT

Applicants are respectfully enclosing the certified copy of the priority document for which priority is claimed for the above-identified application under 35 U.S.C. §119. Specifically, the document enclosed is:

<u>Document No.</u>	<u>Country</u>	<u>Date</u>
10 2004 003 448.6	Germany	January 22, 2004

The Commissioner is hereby authorized to charge deposit account 02-1818 for any fees which are due and owing.

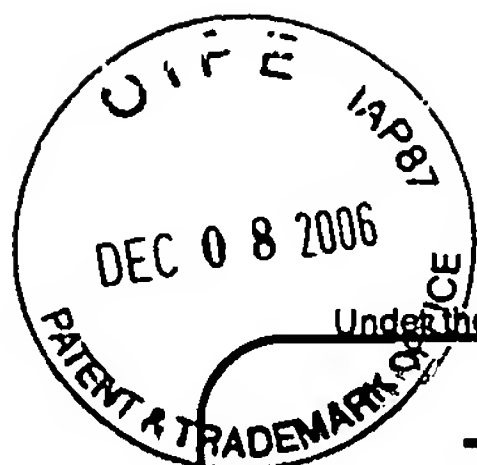
Respectfully submitted,

BELL, BOYD & LLOYD LLC

BY

Robert M. Barrett
Reg. No. 30,142
Customer No.: 29157

Dated: December 4, 2006



TRANSMITTAL FORM

(to be used for all correspondence after initial filing)

Total Number of Pages in This Submission

Application Number	10/597,402
Filing Date	July 24, 2006
First Named Inventor	Windhap et al.
Art Unit	Unknown
Examiner Name	Unknown
Attorney Docket Number	112701-742

ENCLOSURES (Check all that apply)

- | | | |
|---|--|---|
| <input type="checkbox"/> Fee Transmittal Form
<input type="checkbox"/> Fee Attached

<input type="checkbox"/> Amendment/Reply
<input type="checkbox"/> After Final
<input type="checkbox"/> Affidavits/declaration(s)

<input type="checkbox"/> Extension of Time Request
<input type="checkbox"/> Express Abandonment Request
<input type="checkbox"/> Information Disclosure Statement

<input checked="" type="checkbox"/> Certified Copy of Priority Document(s)

<input type="checkbox"/> Reply to Missing Parts/ Incomplete Application
<input type="checkbox"/> Reply to Missing Parts under 37 CFR 1.52 or 1.53 | <input type="checkbox"/> Drawing(s)
<input type="checkbox"/> Licensing-related Papers

<input type="checkbox"/> Petition
<input type="checkbox"/> Petition to Convert to a Provisional Application
<input type="checkbox"/> Power of Attorney, Revocation
<input type="checkbox"/> Change of Correspondence Address

<input type="checkbox"/> Terminal Disclaimer
<input type="checkbox"/> Request for Refund
<input type="checkbox"/> CD, Number of CD(s) _____
<input type="checkbox"/> Landscape Table on CD | <input type="checkbox"/> After Allowance Communication to TC

<input type="checkbox"/> Appeal Communication to Board of Appeals and Interferences

<input type="checkbox"/> Appeal Communication to TC (Appeal Notice, Brief, Reply Brief)

<input type="checkbox"/> Proprietary Information

<input type="checkbox"/> Status Letter
<input type="checkbox"/> Other Enclosure(s) (please identify below):
Return receipt postcard |
|---|--|---|
- Remarks
The Commissioner is hereby authorized to charge any fees associated with this submission to deposit account No. 02-1818.

SIGNATURE OF APPLICANT, ATTORNEY, OR AGENT

Firm Name	29157		
Signature			
Printed name	Robert M. Barrett		
Date	December 4, 2006	Reg. No.	30,142

CERTIFICATE OF TRANSMISSION/MAILING

I hereby certify that this correspondence is being facsimile transmitted to the USPTO or deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on the date shown below:

Signature			
Typed or printed name	Heather Foster	Date	12/04/06

This collection of information is required by 37 CFR 1.5. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.11 and 1.14. This collection is estimated to 2 hours to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.



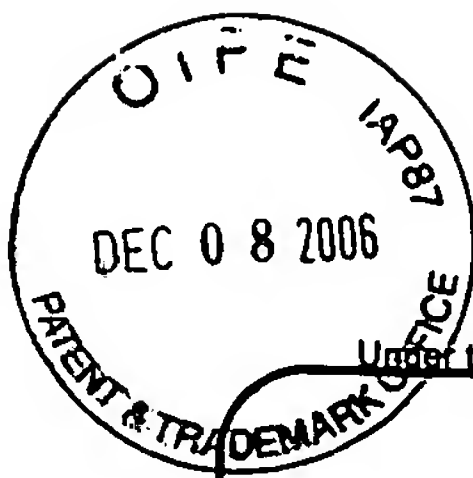
In re Patent Application of: Windhap et al.
LOW TEMPERATURE EXTRUSION PROCESS AND
DEVICE FOR ENERGY OPTIMIZED AND
VISCOSITY...

Docket No. 112701-742; USSN: 10/597,402

On the date stamped hereon the U.S. Patent and Trademark
Office hereby acknowledges receipt of the following:

1. Transmittal Letter (duplicate);
2. Submission of Priority Document (1 pg.); and
3. Certified Copy of German Priority Document
(10 2004 003 448.6).

Mailed by First Class Mail on: 12/04/06 (RMB)



PTO/SB/21 (09-06)

Approved for use through 03/31/2007. OMB 0651-0031

U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

TRANSMITTAL FORM (to be used for all correspondence after initial filing)	Application Number	10/597,402
	Filing Date	July 24, 2006
	First Named Inventor	Windhap et al.
	Art Unit	Unknown
	Examiner Name	Unknown
Total Number of Pages in This Submission	Attorney Docket Number	112701-742

ENCLOSURES (Check all that apply)		
<input type="checkbox"/> Fee Transmittal Form	<input type="checkbox"/> Drawing(s)	<input type="checkbox"/> After Allowance Communication to TC
<input type="checkbox"/> Fee Attached	<input type="checkbox"/> Licensing-related Papers	<input type="checkbox"/> Appeal Communication to Board of Appeals and Interferences
<input type="checkbox"/> Amendment/Reply	<input type="checkbox"/> Petition	<input type="checkbox"/> Appeal Communication to TC (Appeal Notice, Brief, Reply Brief)
<input type="checkbox"/> After Final	<input type="checkbox"/> Petition to Convert to a Provisional Application	<input type="checkbox"/> Proprietary Information
<input type="checkbox"/> Affidavits/declaration(s)	<input type="checkbox"/> Power of Attorney, Revocation	<input type="checkbox"/> Status Letter
<input type="checkbox"/> Extension of Time Request	<input type="checkbox"/> Change of Correspondence Address	<input type="checkbox"/> Other Enclosure(s) (please identify below):
<input type="checkbox"/> Express Abandonment Request	<input type="checkbox"/> Terminal Disclaimer	Return receipt postcard
<input type="checkbox"/> Information Disclosure Statement	<input type="checkbox"/> Request for Refund	
<input checked="" type="checkbox"/> Certified Copy of Priority Document(s)	<input type="checkbox"/> CD, Number of CD(s) _____	
<input type="checkbox"/> Reply to Missing Parts/Incomplete Application	<input type="checkbox"/> Landscape Table on CD	
<input type="checkbox"/> Reply to Missing Parts under 37 CFR 1.52 or 1.53		
Remarks The Commissioner is hereby authorized to charge any fees associated with this submission to deposit account No. 02-1818.		

SIGNATURE OF APPLICANT, ATTORNEY, OR AGENT			
Firm Name	29157		
Signature			
Printed name	Robert M. Barrett		
Date	December 4, 2006	Reg. No.	30,142

CERTIFICATE OF TRANSMISSION/MAILING			
I hereby certify that this correspondence is being facsimile transmitted to the USPTO or deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on the date shown below:			
Signature			
Typed or printed name	Heather Foster	Date	12/04/06

This collection of information is required by 37 CFR 1.5. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.11 and 1.14. This collection is estimated to 2 hours to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.



BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



**Prioritätsbescheinigung
DE 10 2004 003 448.6
über die Einreichung einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 10 2004 003 448.6

Anmeldetag: 22. Januar 2004

Anmelder/Inhaber: Nestec S.A., Vevey/CH

Erstanmelder: Schröder GmbH & Co KG,
23564 Lübeck/DE

Bezeichnung: Tieftemperaturextrusionsverfahren und Vorrichtung
zur energieoptimierten und viskositätsadaptierten
Mikrostrukturierung von gefrorenen, belüfteten Mas-
sen

IPC: A 23 G, A 23 P, A 23 G

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 30. Juni 2006
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident

Im Auftrag

Faust

BEST AVAILABLE COPY

Tieftemperaturextrusionsverfahren und Vorrichtung zur energieoptimierten und viskositätsadaptierten Mikrostrukturierung von gefrorenen, belüfteten Massen

5

Beschreibung

Gattung

- 10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung tiefgefrorener Dessertprodukte, insbesondere von Eiskrem, unter optimierten Bedingungen für den Eintrag mechanischer Energie zur Erzeugung einer gleichmäßigen feindispersen Mikrostruktur und gleichzeitig optimierter Abfuhr von Wärme zur Erzielung eines hohen Gefriergrades bei tiefen Temperaturen sowie die Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens

15

Hintergrund der Erfindung

- Einwellen- und Doppelwellenextruder sind bekannte kontinuierliche Prozessapparate, welche neben Kunststoff- und Keramikindustrie auch in der Lebensmittel-
- 20 industrie, z. B. bei der Herstellung von Teig-/Pasta und Snackprodukten, seit langem Einsatz finden. Seit 1992 (DE 4202231 C1) wurden Extruder auch mehrfach für den

Einsatz beim kontinuierlichen Tiefgefrieren von gefrorenen Desserts wie z. B. Eiskrem vorgeschlagen.

VERFAHRENSTECHNISCHE ASPEKTE

- 5 Wie in diversen Veröffentlichungen ausgeführt (s. Literaturverzeichnis 2 - 19) erlaubt der Tieftemperaturextruder das Tiefgefrieren von Eiskrem und anderen derartigen Massen (z. B. Yoghurt) bis zu einem hohen Ausfriergrad von Wasser (ca. 80 – 90%, bezogen auf den ausfrierbaren Anteil) unter gleichzeitiger mechanischer Beanspruchung durch Scherung.

10

- Die durch viskose Reibung des höchstviskosen (dynamische Viskosität bis ca. 10^4 Pas) teilgefrorenen Stoffsystems erzeugte Dissipationswärme kann zusätzlich zur freigesetzten Kristallisationswärme (Gefriervorgang) effizient abgeführt werden, wobei sich ein Gleichgewicht zwischen erzeugter und abgeführter Wärme abhängig
- 15 vom Wärmedurchgangskoeffizient k (beschreibt den Wärmedurchgang durch die wandanhaftende Produktschicht und die Extrudergehäuseinnenwand in das diese umspülende, verdampfende Kältemittel) einstellt. Maximale Wärmedurchgangskoeffizienten werden bislang dadurch erreicht, dass durch geeignete Wahl der Extruderschneckenometrien mit engem Wandspalt ein effizienter Schichtabtrag von an
- 20 der Wand verfestigter (gefrorener) Masse erfolgt, und ein direkt verdampfendes Kältemittel (z. B. Ammoniak) zur Kühlung des Extrudergehäuses eingesetzt wird.

- Die im Schneckenkanal des Extruders erzeugten Schergeschwindigkeiten werden aufgrund eingesetzter Doppelschnecken geometrien mit geringer konstanter Schneckenkanalhöhe und einer versetzten Schneckenanordnung stark vergleichmässigt (EP 0561 118 B1). Das heisst, es entstehen keine ausgedehnten Zonen mit hohen
- 5 Schergeschwindigkeitsspitzen und ebenso keine ausgedehnten Bereiche mit sehr niedrigen Schergeschwindigkeiten. Bei maximalen Schergeschwindigkeiten von ca. 20 – 30 1/s werden bei typischen Eiskremmassen ca. –12 bis –18°C Extruderaustrittstemperatur erreicht.
- 10 Die minimal erreichbare Extruderaustrittstemperatur ist abhängig von der Ausprägung der Gefrierpunktserniedrigung, der sich in Abhängigkeit davon einstellenden Viskosität des Stoffsystems bei entsprechender Temperatur und der mechanischen Energiedissipation auf Grund viskoser Reibung.
- 15 Bei der Bearbeitung von Eiskremmassen im Extruder (z. B. gemäss Patentschriften EP 0561118, US 5,345,781) wird aufgrund der gewählten Konstruktions- und Betriebsweise nur ein kleiner Druckgradient über der Extruderlänge aufgebaut. Die Gesamtdruckdifferenz zwischen Extruderein- und –austritt beträgt in aller Regel $\leq 1 - 5$
- 20 bar. Damit wird eine Entmischung (Gas/Fluid) des zudosierten, am Extrudereintritt noch niedrigviskosen, nicht bzw. nur zum geringen Teil gefrorenen Eiskremschaumes weitestgehend vermieden.

Die spezifische Schneckenkonfiguration sowie die Schneckenanordnung im Tieftemperaturextruder nach EP 0561 118 bzw. US 5,345,781; DE 4202231 C1 bewirken außerdem eine schonende, effiziente Vermischung des bearbeiteten Stoffsystems. Dies geschieht insbesondere durch geeignete "Stromteilung" an den Schneckenste-
5 gen im Überlappungsbereich der Schnecken.

PRODUKTASPEKTE

Neben den vorab beschriebenen apparatebaulichen und prozesstechnischen As-
pekten, sind für die Tieftemperaturextrusion von Speiseeis insbesondere die damit zu
10 erzielenden produktspezifischen Vorteile von besonderem Interesse.

Grundsätzlich gilt, dass solche durch die Tieftemperaturextrusion erzielbaren pro-
duktspezifischen Vorteile auf einer Feinerdispergierung der dispersen Mikrostruktur-
komponenten: Eiskristalle, Gasblasen und Fettglobulagglomerate basieren. Der Grad
15 dieses Effektes hängt auch von der Eiskremrezeptur mit ab.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf typische Standardrezepturen mit un-
terschiedlichen Fett- (0-16%) und Trockensubstanzanteilen (35-43%). Folgende
vorteilhaften Besonderheiten ergeben sich für solche tieftemperaturextrudierte Eis-
20 krem:

Die dispersen Hauptstrukturelemente in Eiskrem, die Wassereiskristalle, und die
Luftblasen/Gasblasen werden aufgrund der intensiven mechanischen Be-

anspruchung unter den im Extruder herrschenden laminaren Scher-/Dehnströmungsverhältnissen verstärkt feindispersiert. Bei den Eiskristallen spielen dabei insbesondere auch Sekundärnukleationseffekte durch Kristallabrieb bzw. Kristallbruch sowie zusätzlichen Abtrag neugebildeter Eiskristallkeime von den Wänden des Extrudergehäuses eine wichtige zusätzliche Rolle. Die Intensität der mechanischen Behandlung in der Extruderströmung hängt stark von der Viskosität und somit dem Ausfriergrad an Wasser bei entsprechender Temperatur ab. Der mechanische Leistungs- bzw. Energieeintrag erfolgt über dem Extruderquerschnitt (enger "Ringspalt") weitgehend homogen (keine maßgeblichen Strömungszonen mit ausgeprägten Spannungsspitzen). Über der Extruderlänge nimmt der mechanische Energieeintrag aufgrund der mit zunehmender Verweildauer der Eiskrem im Extruderkanal ansteigenden Viskosität (zunehmender Gefriergrad) stark zu. Ein lokales Zerstören der Eiskremstruktur durch übermäßige Energiedissipation und entsprechende Wärmeentwicklung wird bei apparatetypischen Schergeschwindigkeiten vermieden (EP 056118).

Damit resultiert eine relativ enge Größenverteilung von Eiskristallen und Gasblasen. Die absoluten Größen von Gasblasen und Eiskristallen sind zu deutlich kleineren Durchmessern gegenüber herkömmlich hergestellter Eiskrem verschoben (ca. Faktor 2-5: vgl. Veröffentlichungen 2-19).

In fetthaltigen Eiskrems erfahren außerdem die Fettglobule, welche in ihrer primären Größenverteilung aufgrund der Behandlung des Eismixes in Homogenisatoren

mittlere Durchmesser von ca. 1 Mikrometer und darunter besitzen, ebenfalls eine verstärkte mechanische Beanspruchung im Tieftemperaturextruder. Diese Beanspruchung bewirkt sowohl ein verstärktes Freilegen der Fettglobuloberfläche durch "Abscheren" der Protein-/Emulgator Membranen, als auch ein teilweises Zerschneiden von Fettglobulen. Damit kann von einer verstärkten hydrophoben Wechselwirkung derart behandelte Fettglobule ausgegangen werden. In der Folge tritt eine verstärkte Affinität zur Gasblasengrenzfläche auf. Ebenso tendieren diese mechanisch behandelten Fettglobule zur verstärkten Wechselwirkung miteinander, was zur Ausbildung von Fettglobulagglomeraten führen kann. Da die freie Beweglichkeit solcher Fettglobule in der hochkonsistenten tieftemperaturextrudierten Eiskrem sehr eingeschränkt ist, besteht in der Regel nicht die Möglichkeit der Ausbildung großer sensorisch wahrzunehmender Agglomerate. Somit ist die Gefahr der Erzeugung eines buttrigen Mundgefühls minimiert.

Unter sensorischen Gesichtspunkten bewirken sowohl die kleineren Eiskristalle und Gasblasen ebenso wie die mechanisch verstärkt behandelten nicht agglomerierten Fettglobule eine deutlich verstärkte Ausbildung der Produktkremigkeit. Ebenso werden andere sensorische Qualitätsattribute durch die feinerdispersen Strukturen in der tieftemperaturextrudierten Eiskrem signifikant positiv beeinflusst wie z. B. Schmelzverhalten, Kälteeindruck (Mundraum) und Löffelbarkeit.

Aufgrund der verstärkten Feindispersität der dispersen Eiskreminhaltsbestandteile, welche wie vorab beschrieben den Kremigkeitseindruck deutlich erhöhen, kann

gegenüber herkömmlicher Eiskrem auch mit deutlich niedrigeren Fettgehalten ein vergleichsweise cremiges Mundgefühl erzeugt werden.

KONSTRUKTIONASPEKTE (Extruderschnecke(n))

- 5 Zur Erzielung einer gleichmäßigen Mikrostrukturierung der Eiskrem (1) bei gleichzeitiger Erreichung tiefer Austrittstemperaturen von kleiner ca. -12°C (2) (konventionelle Standard Vanille Eiskrem) ist die Konstruktion der Extruderschnecke(n) bzw. der resultierenden Strömungsverhältnisse unter entsprechend adaptierten Drehzahleinstellungen von maßgeblicher Bedeutung.

10

EP 561118 beschreibt einen Doppelschneckenextruder zur kontinuierlichen Gefrierstrukturierung von Eiskrem mit Schneckengeometrien, welche besonders flache Schneckenkanäle (Verhältnis Kanalhöhe zu Kanalbreite ≈ 0.1) und einen Steigungswinkel der Schneckenwendel von ca. 22-30 besitzen.

15

EP713650 bezieht sich auf einen Prozess welcher ebenfalls einen Doppelschneckenextruder integriert zur Extrusion gefrorener Produkte. Die Charakteristik der Schnecken wird über das Verhältnis von Extruderlänge zu Schneckendurchmesser beschrieben.

20

EP0808577 beschreibt einen vergleichbaren Prozess unter Anwendung eines Einwellenextruders mit denselben Konstruktionscharakteristika der Schneckenwelle.

W097/26800 beansprucht Prozess und Apparat zur Herstellung gefrorener essbarer Schäume wie z. B. Eiskrem wobei ein Einwellenextruder zum Einsatz kommt. Charakteristische Angaben für die Geometrie der Extruderschnecke sind die Verhältnisse: Länge der Schneckenwelle / Innendurchmesser des Extrudergehäuses zwischen 5 und 10, Steighöhe der Schneckenwendel / Schneckenaußendurchmesser zwischen 1 und 2 sowie Schneckenaußendurchmesser /schneckeninnendurchmesser zwischen 1.1 und 1.4. Die Extruderschnecke ist eingängig (= eine Schneckenwendel)

Es sind auch Tieftemperaturextruder (bevorzugt Ein- oder auch Doppelschneckenextruder) zur Bearbeitung von Eiskrem mit 2-6 gängigen Schnecken, bevorzugt 2-5 gängigen Schnecken und einem Schneckensteigungswinkel zwischen 28 und 45°, bevorzugt zwischen 32 und 45°, vorbekannt. Bevorzugt wird das Verhältnis von Schneckenkanalhöhe H zu Schneckenkanalbreite Wc soll kleiner als 0.2 jedoch größer als 0.1 sein. Das bevorzugte Verhältnis von Schneckenkanallänge zum Schneckeninnendurchmesser wird mit 2-10, bevorzugt 2-4 angegeben. Dies führt zu eher kurzen Extrudern.

Die grundsätzliche Schwierigkeit bei der kontinuierlichen Gefrierstrukturierung von Eiskrem im Tieftemperaturextruder besteht in der Kombination einer mechanischen Beanspruchung mit der gleichzeitigen Gefrierverfestigung. Letztere führt zur viskositätsproportionalen Zunahme des viskosen Reibungsenergieeintrages und damit zur Notwendigkeit neben der Kristallisationsenthalpie zunehmend diese in Wärme

dissipierte Reibungsenergie durch Kühlung abzuführen. Dies wird limitiert durch die geringe Wärmeleitfähigkeit der geschäumten Eiskrem und den erreichbaren Wärmedurchgangskoeffizient in laminarer Strömung von der Eiskrem, durch die Extrudergeräuswand in das Kältemittel.

5

Die Optimierung der Strömungsverhältnisse im Extruder im Hinblick auf eine maximale Verbesserung der Produkteigenschaften zielt auf die maximale Scherbeanspruchung zur Erzielung einer feinstdispersen Mikrostruktur bei minimaler Extruderaustrittstemperatur.

10

In den herkömmlich für die Tieftemperaturextrusion von Eiskrem beschriebenen Extruderschneckengeometrien wird eine gut strukturierungswirksam hohe Beanspruchung nur in einer dem Extruderaustritt zugewandten Teilzone, welche maximal 50% der Extruderlänge ausmacht, erreicht. Da in aller Regel vorgefrorene (ca. -5°C ; 40-15 45% des gefrierbaren Wasseranteils in Eiskristallform) Eiskrem aus einem konventionellen Schabekühler (Freezer) in den Tieftemperaturextruder zur weitergehenden Gefrierstrukturierung eingebracht wird, erfährt diese unter den im vorderen Extruderbereich (Eintrittsbereich bis zu ca. 50% der Extruderlänge) auf Grund der noch relativ niedrigen Produktviskosität resultierenden niedrigen Schubspannungen keine weiter-20 gehende Feindispergierung. Wie jüngste Untersuchungen gezeigt haben treten in dieser Extruderzone häufig sogar Vergröberungen der dispersen Schaumstruktur (Gas/Luft-Blasen/Zellen) auf. Grund ist eine Verschiebung des dynamischen Gleichgewichtes zwischen Blasendispergierung und Blasenrekoaleszenz zur Koaleszenz

auf Grund reduzierter Beanspruchung im Vergleich zur Beanspruchungsvorgeschichte der Eiskrem im Freezer. **Figur 1** zeigt beispielhaft einen derartigen Effekt anhand der Entwicklung der Gasblasengrößenverteilung über der Extruderlänge. Im gewählten Beispiel steigen die Gasblasendurchmesser in den ersten ca. 150 mm des Extruderkanals um ca. 25% an (s. **Figur 2**). Erst nach ca. 400-450 mm (von 1000 mm Gesamtlänge bei 65mm Schneckenaußendurchmesser und 7 mm Schneckenkanalhöhe) beginnt die effektive Feinerstrukturierung.

Versuche haben gezeigt, dass eine gezielte Erhöhung der Scherbeanspruchung in den ersten ca. 25-70% des Extruders eine wesentlich bessere räumliche Ausnutzung des Extruders sowie eine weitergehend verbesserte Feinstrukturierung zulässt.

Aufgabe

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, belüftete (aufgeschäumte) Massen unter minimiertem Energieaufwand kontinuierlich bis zum Erreichen höchster Ausfriergrade (> 60-65%) zu gefrieren und gleichzeitig deren Mikrostruktur (z. B. Gas-/Luftblasen, Eiskristalle, evtl. Fettglobule/Fettglobulagglomerate) feinstdispers (Durchmesser überwiegend ca. < 10 Mikrometer) zu gefrierstrukturieren.

20

Des weiteren liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine geeignete Vorrichtung zum Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens vorzuschlagen.

Lösung der Aufgaben

Die Aufgaben werden durch die in den **Patentansprüchen 1** und **10** wiedergegebenen Merkmale gelöst.

5

Weitere Ausführungsformen

Weitere erfinderische Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Verfahrensweise sind in den **Patentansprüchen 2 bis 9** und **11 bis 13** beschrieben

10

Einige Vorteile

Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens lassen sich belüftete Massen unter bislang nicht erreichter Minimierung des mechanischen Energie- bzw. Leistungseintrages kontinuierlich tiefgefrieren und optimiert mikrostrukturieren. Dies erlaubt unter gleichzeitig optimierten Wärmeübertragungsbedingungen von der Eiskremmasse auf das Kätemittel die Erzielung hoher Ausfriergrade der Masse und damit tiefe Austrittstemperaturen am Austritt des erfindungsgemäß konfigurierten Extrusionsprozesses.

20

Die Mikrostruktur derart bearbeiteter Massen bewirkt einerseits eine sehr vorteilhaft weich-plastische Konsistenz, was sehr gute Formgebungs-, Portionier- und Löffel-eigenschaften auch bei tiefen Temperaturen nach sich zieht.

Andererseits können optimiert tieftemperaturextrudierte Eiskremmassen ohne aufwendige energieintensive Nachgefrierung (Härtung) direkt verpackt und gelagert werden.

5

Ein weiterer Vorteil bietet sich durch die Einsparung von teuren Rezepturbestandteilen (z. B. Milchfett, Emulgatoren), welche für konventionelle Eiskremprodukte zur Erzielung einer von Verbraucher erwünschten Kremigkeit bislang unabdingbar waren. Erfindungsgemäß optimiert tieftemperaturextrudierte Eiskrem weist bei deutlich reduzierten Fett bzw. Emulgatoranteilen eine vergleichbare bzw. verbesserte Kremigkeit auf. Die Reduktion des Fettanteils ist auch von besonderem ernährungsphysiologischen Interesse.

10

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Zeichnung, in der die Erfindung – teils schematisch – beispielsweise veranschaulicht ist. Es zeigen:

15

Fig. 1 Die Größenverteilung von Blasendurchmessern über Extruderlänge;

20 Fig. 2 maximale Blasendurchmesser als Funktion der Temperatur über der Länge des Extruders;

Fig. 3 das Temperaturprofil über der Extruderlänge, gemessen in Eiscreme-
masse;

Fig. 4 die geometrische Konstruktion des sogenannten Leckspaltes, das heißt,
des Spaltes zwischen Schneckenwendel und Gehäuseinnendurchmesser;

Fig. 5 die Anordnung zweier Schnecken mit über der Extruderlänge zunehmen-
der Schneckenkanaltiefe (beispielhaft für Schnecken mit zwei Schnecken-
gängen);

Fig. 6 zeigt die Anordnung zweier Schnecken mit konstanter Schneckenkanal-
höhe (beispielhaft für Schnecken mit einem Schneckengang);

Fig. 7 zeigt die Anordnung zweier Schnecken mit konstanter Schneckenkanal-
höhe (beispielhaft mit zwei Schneckengängen);

Fig. 8 zeigt die Anordnung zweier Schnecken mit über der Extruderlänge zuneh-
mender Schneckenkanalhöhe und gleichzeitig über der Extruderlänge ab-
nehmender Schneckensteigung (beispielhaft für Extruderschnecken mit
zwei Schneckengängen);

Fig. 9 zeigt die beispielhafte Ausführung einer durchbrochenen Schneckenwen-
del (beispielhaft für zwei Schneckengänge);

Fig. 10 zeigt die Anordnung einer durchbrochenen Schneckenwendel mit kämmenden Einbauten am Innendurchmesser des Gehäuses (beispielhaft für zwei Schneckengänge);

5

Fig. 11 zeigt die Anordnung zweier Schnecken aus axialer Sicht, teils im Querschnitt, mit die durchbrochenen Schneckenwendel kämmenden Einbauten, welche am Innendurchmesser des Extrudergehäuses fixiert sind;

10 Fig. 12 zeigt die Abhängigkeit der Entwicklung der maximalen Luftblasendurchmesser über der Extruderlänge für zwei unterschiedliche Schneckenkonfigurationen (Konfiguration 1 herkömmlich, Konfiguration 2 erfindungsgemäß).

15 Erfindungsgemäß wird der lokale ("lokal" bedeutet hier bezogen auf ein Längensegment des Extruders) mechanische Leistungs- bzw. Energieeintrag auf die lokale Wämetransferleistung (Wärmestrom aus Eiskrem in das Kältemittel) derart abgestimmt, dass ein wie in **Figur 3** dargestelltes maximal steil und stetig abfallendes Temperaturprofil in der Eiskrem über der Extruderlänge resultiert und nach mindestens der Hälfte bis Zwei Drittel der Extruderlänge ein Eiskremtemperatur von -11°C (für Standardeiskrem Vanille mit 10% Milchfett, 36-38% Gesamttrockenmasse, 100% Overrun sowie einer Zuckerzusammensetzung, welche bei -11°C zu einem

20

Ausfriergrad der Wasserkomponente von ca. 55-65% führt) bzw. ein Wasserausfriergrad von mindestens 55-60% (bezogen auf Wasseranteil) erreicht wird.

Die Feinststrukturierung der Gasblasen (überwiegender Anzahlanteil < 10 Mikrometer, maximale Blasengröße < 20 Mikrometer), Fettglobule/Fettglobul-aggregate (überwiegender Anzahlanteil < 2 Mikrometer, maximale Fettglobulagglomeratgröße < 10 Mikrometer) und insbesondere die Reduktion der Eiskristall Konnektivität (überwiegender Anzahlanteil < 25 Mikrometer, maximaler Eiskristalldurchmesser < 50

Mikrometer) werden erfindungsgemäß in diesem hinteren Teil des Extruders bei Eiskremtemperaturen $\leq -11^{\circ}\text{C}$ bzw. Wasserausfriergraden von \geq ca. 60% (bezogen

Gesamtwasseranteil) durch die in der erzeugten Strömung übertragenen Schubspannungen vollzogen. Der möglichst feindisperse Eintritt in diesen hinteren Extruderbereich ist insbesondere durch die Vorgeschichte im vorderen Extruderabschnitt (Erstes bis und mit zweites Drittel der Extruderlänge) bestimmt. Hier gilt es eine mög-

lichst effiziente Vordispergierung, insbesondere der Gas-/Luftblasen, und eine weitgehende Vermeidung der Eiskristallagglomeration zu erreichen. Hierzu bedarf es eines hinreichend hohen mechanischen Energie-/Leistungseintrages bzw. damit einhergehend hinreichend hoher Dispergier-Schubspannungen.

Mit zunehmender Abkühlung/Gefrierung und steigender Eiskremviskosität erfolgt eine erfindungsgemäße lokale Anpassung des Energie-/Leistungseintrages in Abstimmung mit den die Wärmeabfuhr bestimmenden Größen. Zu letzteren zählen insbesondere die lokalen Werte der Größen: Geschwindigkeit (1), Schichtdicke (2),

Stoffdichte (3) und Stoffviskosität (4). Im Hinblick auf einen optimierten Wärmeübergang ist möglichst weitgehend anzustreben, dass 1 groß, 2 klein, 3 groß und 4 klein sind. 3 wird über den lokal herrschenden Druck im Extruderschneckenkanal festgelegt. 4 wird aufgabengemäß über die Extruderlänge zunehmend, möglichst stark erhöht.

1 und 2 werden gemäß dem erfindungsgemäße Konzept der ENERGIE-OPTIMIERTEN VISKOSITÄTS-ADAPTIERTEN MIKROSTRUKURIERUNG (EOVAM-Konzept) über die Schneckengeometrie und deren Drehzahl lokal optimiert.

Dieses Konzept verfolgt die Optimierung der lokalen Strömungsverhältnisse im Extruder mit dem Ziel mit minimalem Energie-/Leistungseintrag eine maximale Dispergierung von maßgeblichen Strukturkomponenten der Eiskrem zu erzielen und gleichzeitig eine maximale Vermischung zum optimalen, konvektiv unterstützen Wärmetransport zu leisten.

Die konstruktive Ausgestaltung dieses Konzeptes in Tieftemperaturextrudern kann wie aus Versuchen ermittelt, erfindungsgemäß z. T. überraschend einfach erfolgen mittels: einem minimierten Leckspalt zwischen Schneckensteg und Extrudergehäuse (1), einer optimierten Schneckensteg Flankenkontur (2), einer optimiert lokal angepassten Schneckenkanalhöhe H (3), gegebenenfalls ergänzt durch: eine lokal angepasste Anzahl der Schneckengänge (4) und/oder eine lokal angepasste Schneckensteigung (5) und /oder lokal angepasste Aussparungen in den Schneckenstegen (6) und/oder lokal angepasste in die Aussparungen in den Schneckenstegen kämmend eingreifende mit dem Extrudergehäuse verbundene Einbauten (7).

Basierend auf experimentellen Untersuchungen unter Nutzung einer speziellen Mess- und Probenahmetechnik, welche die Ermittlung der lokalen Temperatur und Strukturierungsverhältnisse in jedem Längensegment des Tieftemperaturextruder ermöglicht (Liste der Veröffentlichungen Nr. 17-20) konnten die nachfolgend auf-
5 gezeigten erfindungsgemäßen Ausgestaltungen der Extrudergeometrie formuliert werden. Diese Ausgestaltungen gehen über bisher für die Tieftemperaturextrusion von gefrorenen, belüfteten Massen bekannte Konstruktionen deutlich hinaus.

10 (1) Minimaler Leckspalt zwischen Schneckensteg und Extrudergehäuse

Der Leckspalt zwischen Schneckensteg und Extrudergehäuse wird erfindungsgemäß auf $< 0.1\text{mm}$ bevorzugt $< 0.05\text{mm}$ (im Betriebszustand) gefertigt werden

(2) Optimierte Schneckensteg Flankenkontur

15 Die Strömung der Eiskremmasse an der Vorderseite (Flanke) der Schneckenstegspitze wird durch deren Kontur maßgeblich beeinflusst. Figur 4 zeigt deren beispielhafte erfindungsgemäße Ausgestaltung. Die flache Anphasung bzw. Applikation eines großen Radius lässt vor dem Schneckensteg eine Stauströmung erzeugen, welche sich auf die an der Extrudergehäuseinnenwand verbleibende, nicht mecha-
20 nisch abgetragene Schicht maßgeblichen auswirkt. Diese Schicht wird durch den Einfluss der Stauströmung gegenüber dem Fall einer "scharfkantig abscherenden" Schneckenstegkante in der Schichtdicke um Δs reduziert (s. Figur 4). Auch eine geringe Reduktion der Dicke dieser Schicht hat einen erfindungsgemäß überraschend

deutlich positiven Einfluss auf den Wärmeübergang von der Eiskremmasse auf die Extrudergehäuseinnenwand. Erfindungsgemäß sollte bei einer Dicke des Schneckensteges von $> 5\text{mm}$ und einer Leckspaltweite von $\delta < 0.1\text{ mm}$ (bevorzugt $< 0.05\text{ mm}$) eine Anphasung von $30\text{-}45^\circ$ über eine Höhe von $\geq 2\text{mm}$ bzw. die Aufprägung eines Radius von $\geq 2\text{mm}$ erfolgen. Bei Ausprägung einer schärferen Stegkante ist von einem reduzierten Abtrag bzw. Stoffaustausch in der wandanhaftenden Eiskremschicht auszugehen.

(3) Lokal angepasste Schneckenkanalhöhe H

- 10 Eine reduzierte Schneckenkanalhöhe (s. Figur 5) erhöht bei konstanter Schnecken-
drehzahl die Schergeschwindigkeit bzw. die strukturierungswirksame Schubspan-
nung (i). Dadurch wird wiederum der in viskose Reibungswärme dissipierte mechani-
sche Energieanteil erhöht (ii). Die reduzierte Schichtdicke der Eiskremmasse im
Schneckenkanal ist der verbesserten Wärmeübertragung zuträglich (iii). Hinsichtlich
15 des Strömungsverhaltens der Eiskremmasse im Schneckenkanal ist deren reduzierte
Viskosität bei erhöhter Schergeschwindigkeit (Nicht Newtonsches Fließen: Struktur-
viskosität) zu berücksichtigen.

- Bei Zuführung einer konventionell teilvorgefrorenen Eiskremmasse aus einem Free-
20 zer (Standard Vanilleeiskrem; -5°C , ca. 35-40% Wasseranteil ausgefroren, Viskosität
bei Schergeschwindigkeit von 1 1/s ca. 10 Pas) wird erfindungsgemäss im Eintritts-
bereich in den Extruder (I) ein Verhältnis der Schneckenkanalhöhe H zum

Schneckenaußendurchmesser zwischen 0.03 und 0.07, in der Extrudermitte (II) zwischen 0.1 und 0.15 und im dritten Längendrittel des Extruders zwischen 0.1 und 0.25 eingestellt.

- 5 Für einen in Probeversuchen eingesetzten Doppelschneckenextruder mit Schneckenaußendurchmesser von 65mm ergeben sich Absoluthöhen des Schneckenkanals von 2-5 mm über 6.5-9 mm zu 6.5-16.25 mm. Der Übergang der Zonen kann stufenweise, bevorzugt jedoch kontinuierlich erfolgen. Im letzteren, bevorzugten Fall resultiert ein erfindungsgemäß bevorzugter Winkelbereich gemäss Figur 6 von ca. $0.4^\circ \leq \alpha < 0.7^\circ$ (s. **Figur 5**).
- 10

(4) Lokal angepasste Anzahl der Schneckengänge

- Eine Erhöhung der Schneckengangzahl (Anzahl der parallel geführten Schneckenwendeln) reduziert die Schneckenkanalbreite umgekehrt proportional zu dieser Anzahl (s. **Figur 6** und **Figur 7**). Die "Abschabefrequenz" der Extrudergehäuseinnenwand wird damit proportional erhöht. Dies verbessert den Wärmeübergang (i), erhöht jedoch gleichzeitig den mechanischen Leistungs-/Energieeintrag und somit die Dissipationswärme (ii). ii limitiert bei tieferen Temperaturen und damit hohen Viskositäten die Zahl der Schneckengänge.
- 15
- 20

Erfindungsgemäss wird bevorzugt eine Dreiteilung der Länge des Extruders vorgenommen. Bevorzugt werden im ersten Längendrittel des Extruders 3-6

Schneckengänge, im zweiten Längendrittel 2-3 Schneckengänge und im dritten und letzten Längendrittel 1-2 Schneckengänge präferiert installiert.

(5) Lokal angepasste Schneckensteigung

5

Eine Erhöhung des Schneckensteigungswinkels θ bis ca. 45° bewirkt eine Erhöhung der axialen Eigenförderungscharakteristik der Extruderschnecke und eine Verstärkung der Durchmischung. Letztere wird auch bei weiterer Winkelvergrößerung noch gesteigert. Dies bewirkt eine Erhöhung der in Reibungswärme dissipierten mechanischen Energie und ebenso eine Verbesserung der Wärmeübertragung. Auch hier ist die Erhöhung der Masseviskosität durch weitergehendes Ausfrieren von Wasser limitierend für die Winkelvergrößerung.

10

15

Erfindungsgemäß weist die Masseeintrittszone des Extruders einen Schneckensteigungswinkel von $45-90^\circ$ (bevorzugt $45-60^\circ$) auf. Der Extremfall von 90° bedeutet axial orientierte Stege, welche keine weiterführende Schnecke mehr ausbilden (s. **Figur 8**). In der Extrudermitte werden erfindungsgemäß Schneckensteigungswinkel von $30-35^\circ$, im letzten Längendritten des Extruders von $25-30^\circ$ realisiert.

20

(6) Lokal angepasste Aussparungen in den Schneckenstegen

Lokale Aussparungen in den Schneckenstegen gemäss **Figur 9** ermöglichen ein Durchtreten der Eiskremmasse, was eine Verbesserung der Durchmischung und Dispergierung sowie des Wärmetransportes (verstärkte konvektive Unterstützung),

gleichzeitig jedoch eine Erhöhung des in Reibungswärme dissipierten Anteils am mechanischen Energieeintrag zur Folge hat. Damit ist eine solche Maßnahme nur bei eher niedriger Masseviskosität sinnvoll. Erfindungsgemäss werden Aussparungen in den Schneckenstegen im Eintrittsbereich der Eiskremmasse in den Extruder
5 (erste ca. 20-30% der Extruderlänge) realisiert. Die Breite der Aussparungen entspricht erfindungsgemäss in etwa der Schneckenkanalhöhe. Die Breite der nicht ausgesparten Schneckenstegteile wird erfindungsgemäss bevorzugt ebenso auf Schneckenkanal-Höhenmaß eingestellt.

10 (7) Lokal angepasste in die Aussparungen in den Schneckenstegen kämmend eingreifende mit dem Extrudergehäuse verbundene Einbauten (7)

Sofern in die Aussparungen in den Schneckenstegen kämmend eingreifende mit dem Extrudergehäuse verbundene Einbauten vorhanden sind bewirken diese eine intensive Dispergierströmung im Spalt zwischen rotierendem Schneckensteg und
15 stillstehendem Statoreinbau (s. **Figur 10 und Figur 11**). Dies ist dann von besonderem Vorteil, wenn z. B. der rekoaleszens von Gasblasen im Extrudereintrittsbereich, bei niedrigen Masseviskositäten entgegengewirkt werden soll. Bei erhöhten Viskositäten resultiert eine strukturschädlich hohe Dissipation des eingetragenen mechanischen Energie.

20

Erfindungsgemäss werden in die Aussparungen in den Schneckenstegen kämmend eingreifende mit dem Extrudergehäuse verbundene Einbauten in der Extrudereintrittszone (erste 10-20% der Extruderlänge) positioniert.

Figur 12 zeigt beispielhaft den Effekt einer angepassten Teiloptimierung der Schneckenkanalhöhe auf den Verlauf der mittleren Gasblasengröße in der Eiskrem über der Extruderlänge. Eine Reduktion der mittleren Blasengröße um ca. 25-30% im

5 Endprodukt hat eine deutliche Verbesserung der Kremigkeit (sensorische Bewertung) und des Schmelzverhaltens, sowie der "Heat Shock Stabilität" zur Folge.

Die in der Zusammenfassung, in den Patentansprüchen und in der Beschreibung beschriebenen sowie aus der Zeichnung ersichtlichen Merkmale können sowohl ein-

10 zeln als auch in beliebigen Kombinationen für die Verwirklichung der Erfindung wesentlich sein.

Liste der Abkürzungen in Abbildungen 1-12:

Abb.1: -

Abb.2: -

Abb.3: -

Abb.4:

$S1, S2$	=	Schichtdicken der an der Extrudergehäuseinnenwand anhaftenden Eiskrem (S1 bei erfindungsgemässer geometrischer Ausführung, S2 bei herkömmlicher Ausführung)
ΔS	=	Schichtdickenreduktion (= $S2-S1$)
v_{ax}	=	axiale Geschwindigkeitskomponente des Schneckensteges
n	=	Drehzahl
S_p	=	Schneckenkanalbreite
x, y, z	=	Koordinaten

Abb. 5:

$H(z)$	=	Schneckenkanalhöhe (hier: Funktion der Längenkoordinate z)
$De(z)$	=	Schneckeninnendurchmesser (hier: Funktion der Längenkoordinate z)
α	=	Steigungswinkel der axialen Schneckeninnenkontour
θ	=	Schneckensteigungswinkel (in Umfangsrichtung relativ zur Längsrichtung)
δ	=	Leckspalthöhe (radialer Differenz zwischen Schneckenstegaussenradius und Gehäuseinnenradius)

Abb.6:

A	=	Achsabstand der Schnecken
-----	---	---------------------------

Abb.7: siehe oben

Abb.8:

θ_a	=	Schneckensteigungswinkel bei bestimmter Längenkoordinate
θ_e	=	Schneckensteigungswinkel am Eintrittsschneckenende

Abb.9:

- b) = Länge des Schneckenstegabschnittes in paralleler Projektionsrichtung zur Schneckenlängsachse
- Da = Schnekenaussendurchmesser
- D = Gehäuseinnendurchmesser

Abb. 10:

- c = radiale Länge der kämmenden Einbauten an der Gehäuseinnenwand
- d = axiale Länge der kämmenden Einbauten an der Gehäuseinnenwand
- a = Länge des Schneckenstegabschnittes in senkrechter Projektionsrichtung zur Schneckenlängsachse

Abb.11:

- f = Länge der kämmenden Einbauten an der Gehäuseinnenwand in Umfangsrichtung

Abb.12:

- Config. 1 = herkömmliche Extruderschneckenkonfiguration
- Config. 2 = erfindungsgemässe Extruderschneckenkonfiguration

Literaturverzeichnis

5

Wissenschaftliche Veröffentlichungen:

- 10 1. Bolliger S., Windhab E.
Prozesstechnologische Beeinflussung der Eiskristallgrößenverteilung in Eiskrem
ZDS-Band SIE-15, Int. Symposium "INTERICE", ZDS Solingen, 27.-29.11.95
- 15 2. Windhab E.
Influence of mechanical forces on the disperse structuring icecream during continuous aeration/freezing processes
AIChE, Proc. 5th World Congress of Chemical Engineering 1996, 2, 169-175 (1996)
- 20 3. Bolliger S.; Windhab E.
Structure and Rheology of Multiphase Foods Frozen under Mechanical Energy Input at Low Temperatures
Proc. 1st Int Symp. on Food Rheology and Structure, Zürich; March 16 - 21, 1997; Editor: E. Windhab; B. Wolf; Vincentz Verlag Hannover, 269-274
- 25 4. Bolliger S.; Windhab E.
The Influence of Mechanical Energy Input During The Freezing of Sorbet on its Structure
Engineering & Food; Proc. Int. Conference on Engineering in Foods (ICEF 7); Brighton, England; 14.-17.4.97; Editor: R. Jowitt, Sheffield Academic Press, E 17-21
- 30 5. Windhab E.
A New Low Temperature Extrusion Process for Ice Cream
Int. Dairy Federation Symposium on Ice Cream; Athens, September 18.-20.1997
- 35 6. Windhab E.; Bolliger S.
Freezern von Eiskrem ohne Härten
Proc. Int. Symp. "Interice", ZDS Solingen (1997); 21- 33
- 40 7. Windhab, E.
New Developments in Ice Cream Freezing Technology and Related On-Line Measuring Techniques
In "Ice Cream", Int. Dairy Federation, edited by W. Buchheim, ISMN 92 9098 029 3, 112 – 131, (1998)

8. Windhab, E.

*Neue Produktionskonzepte für Eiskrem auf Basis der
Tieftemperaturextrusionstechnik*

5 **Proc. Int. Eiskrem-Symposium, Interice, ZDS-Solingen, 23.-25. November 1998,
Nr. 12, 88-100 (1998)**

9. Windhab, E.

10 **Low Temperature Ice Cream Extrusion Technology and realated Ice Cream
Properties**

European Dairy Magazine 1, 24 – 29, (1998)

10. Windhab, E.J.

15 **New Developments in Crystallization Processing**

Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, Vol 57 (1999), 171-180

11. Bolliger, S., Kornbrust, B., Goff, H.D., Tharp, B.W. Windhab, E.J. (!!!)

**Influence of emulsifiers on ice cream produced by conventional freezing and
low temperature extrusion processing**

20 *Internat. Dairy Journal 10, 497-504 (2000)*

12. Windhab E. J., H. Wildmoser

Tieftemperaturextrusion

25 *Proceedings Int. Seminar "Extrusion", ZDS-Solingen (D); 23.-24.10.2000*

13. Wildmoser, H., Windhab E.J.

Neue Eiskremstrukturcharakteristika durch Tieftemperaturextrusion

*Proceedings Inter-Eis 2000; SIE-10, 52-62, Solingen (Deutschland), 13.-15.
November 2000*

14. Windhab E. J., Wildmoser H.

Beiträge von Prozess und Rezeptur zur Kremigkeit von Eiskrem

35 *Proceedings Inter-Eis 2000, SIE-10, 77-86, ZDS-Solingen (Deutschland), 13.-15.
November 2000*

15. Wildmoser H, Windhab E

**Impact of flow geometry and processing parameters in ultra low temperature
ice-cream extrusion (ULTICE) on ice-cream microstructure**

40 *European Dairy Magazine 2001;5: 26 - 31*

16. Wildmoser H and Windhab E.J.

**Impact of flow geometry and processing parameters in Ultra Low Temperature
Ice Cream Extrusion (ULTICE) on ice cream microstructure**

45 *INTERICE Tagungsband 2001; SIE-10, ZDS-Solingen*

17. Windhab EJ, Wildmoser H.

Extrusion: A Novel Technology for the Manufacture of Ice Cream
Proceedings Conference on Emerging technologies, IDF World Dairy Summit
Auckland, New Zealand, 30 Oct. – 1 Nov. 2001

- 5 18. Windhab E J, Wildmoser H
Ultra Low Temperature Ice Cream Extrusion (ULTICE)
Proceedings : ALTA Congress "Il Gelato", Milano (Italy); Mai 7 (2002)

Patentveröffentlichungen:

- 10 - WO 9746114, EP 0808577
 - EP 0714650
 - US 8516659
 - WO 0072697 A1
 - US 3647478
15 - US 3954366
 - US 4234259
 - EP 0438996 A2
 - EP 0351476 A1
 - DE 4202231 C1
20 - EP 0561118 A2
 - US 5345781
 - FR 2717988 A1
 - DK 0082/96; WO 9726800
 - WO 9739637
25 - WO 9817125; US 5713209
 - WO 9925537
 - WO 9924236

Patentansprüche

5

1. Tieftemperaturextrusionsverfahren zur energieoptimierten, viskositätsadaptierten Mikrostrukturierung von gefrorenen, belüfteten Massen, beispielsweise Eiskrem, wobei über der Extruderlänge zonenweise angepasst eine mechanische Beanspruchung der behandelten Masse nach Maßgabe der lokalen Viskosität derart erfolgt, dass in jedem Längensegment eine Dispergierung der Luftblasen/Luftzellen bei gleichzeitig zunehmender Abkühlung und Ausfrierung von Wasser vorgenommen wird.

10

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die charakteristische Länge der Zonen, in welche der Extruder der Länge nach eingeteilt und hinsichtlich Dispergierung der Luftblasen/Luftzellen sowie gleichzeitig zunehmender Abkühlung und Ausfrierung von Wasser bewertet wird, das Ein- bis Zehnfache des Schneckenaußendurchmessers, bevorzugt das Ein bis Zweifache des Schneckenaußendurchmessers beträgt.

20

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die charakteristische Länge der Zonen, in welche der Extruder der Länge nach eingeteilt und hinsichtlich Dispergierung der Luftblasen/Luftzellen sowie gleichzeitig zunehmender Abkühlung und Ausfrierung von Wasser bewertet wird, das Ein- bis

25

Zehnfache des Schneckenaußendurchmessers, bevorzugt das Ein- bis Zweifache des Schneckenaußendurchmessers beträgt, wobei die festgelegte Zonenlänge über der gesamten Extruderlänge konstant gehalten wird.

- 5 4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die charakteristische Länge der Zonen, in welche der Extruder der Länge nach eingeteilt und hinsichtlich Dispergierung der Luftblasen/Luftzellen sowie gleichzeitig zunehmender Abkühlung und Ausfrierung von Wasser bewertet wird, das Ein- bis Zehnfache des Schneckenaußendurchmessers, bevorzugt das Ein- bis Zweifache des Schneckenaußendurchmessers beträgt, wobei die Zonenlänge über der gesamten Extruderlänge abhängig von der Höhe der Viskositätsänderung festgelegt wird.
- 10
5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Extruder unter Abstimmung von Extruderschneckendrehzahl (1), mittels vorgeschalteter Eiskrempumpe eingestelltem Massenstrom (2) und der über den Verdampfungsdruck des eingesetzten Kältemittels justierten Kühltemperatur an der Extrudergehäuseinnenwand (3), bei vorgegebener Schneckenengeometrie derart gefahren wird, dass bei konventioneller Standard-Vanilleeiskrem Temperaturen $\leq -11^{\circ}\text{C}$ bzw. allgemein bei gefrorenen Massen Wasserausfriergrade von \geq ca. 60% bezogen auf den Wasseranteil in einem Längenbereich des Extruders zwischen 50% und 75% der Länge vom Masseeintritt gemessen, bevorzugt zwischen 50% und 65%, erreicht werden.
- 15
- 20

6. Verfahren nach den Ansprüchen 1-5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einstellung der mechanischen Beanspruchung der Masse nach Maßgabe ihrer Viskosität in der jeweiligen Längenzzone durch eine Variation der Schneckenkanalhöhe erreicht wird.

5

7. Verfahren nach den Ansprüchen 1-5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einstellung der mechanischen Beanspruchung der Masse nach Maßgabe ihrer Viskosität in der jeweiligen Längenzzone durch eine Variation der Anzahl der Schneckengänge erreicht wird.

10

8. Verfahren nach den Ansprüchen 1-5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einstellung der mechanischen Beanspruchung der Masse nach Maßgabe ihrer Viskosität in der jeweiligen Längenzzone durch eine Variation des Schneckensteigungswinkels erreicht wird.

15

9. Verfahren nach den Ansprüchen 1-5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einstellung der mechanischen Beanspruchung der Masse nach Maßgabe ihrer Viskosität in der jeweiligen Längenzzone durch in der Breite variable Aussparungen in den Schneckenstegen erreicht wird.

20

10. Verfahren nach den Ansprüchen 1-5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einstellung der mechanischen Beanspruchung der Masse nach Maßgabe ihrer

Viskosität in der jeweiligen Längenzzone durch in die Aussparungen in den Schneckenkanalstegen kämmend eingreifende Einbauten, welche mit der Extrudergehäuseinnenwand verbunden sind erreicht wird.

- 5 11. Verfahren nach den Ansprüchen 1-5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erzielung einer fortschreitenden Abkühlung und Ausfrierung von Wasser trotz dispergierwirksamer mechanischer Beanspruchung durch eine Optimierung des Wärmetransports an ein die Extrudergehäuseaussenwand umspülendes, verdampfendes Kältemittel infolge Minimierung des Spaltes zwischen Schnecken-
10 außendurchmesser und Extrudergehäuseinnendurchmesser erfolgt.
12. Verfahren nach den Ansprüchen 1-5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erzielung einer fortschreitenden Abkühlung und Ausfrierung von Wasser trotz dispergierwirksamer mechanischer Beanspruchung durch eine Optimierung des
15 Wärmetransports an ein die Extrudergehäuseaussenwand umspülendes, verdampfendes Kältemittel infolge Einstellung einer definierten Flankenkontur des Schneckensteges erfolgt.
- 20 13. Verfahren nach den Ansprüchen 1-5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erzielung einer fortschreitenden Abkühlung und Ausfrierung von Wasser trotz dispergierwirksamer mechanischer Beanspruchung durch eine Optimierung des Wärmetransports an ein die Extrudergehäuseaussenwand umspülendes, verdampfendes Kältemittel infolge Einstellung einer Flankenkontur erfolgt, welche

an der Vorderseite des Schneckensteges eine Anphasung oder einen Radius vorsieht.

- 5
14. Tieftemperaturextrusionsvorrichtung zur energieoptimierten, viskositätsadaptierten Mikrostrukturierung von gefrorenen, belüfteten Massen, beispielsweise Eiskrem nach Anspruch 1 oder einem der darauffolgenden Ansprüche, wobei die für die dispergierwirksam beanspruchende Massenströmung bei gleichzeitig fortschreitender Abkühlung und Ausfrierung von Wasser relevanten Abmessungen der Extruderschnecke(n) über der Extruderlänge variabel nach Maßgabe der lokalen Viskosität jedoch viskositätsabhängig in engen Grenzen definiert eingestellt werden.
- 10

15. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Leckspalt zwischen Schneckensteg und Extrudergehäuse auf < 0.1 mm, bevorzugt < 0.05 mm eingestellt wird.
- 15

16. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vorderseitige Schneckensteg Flankenkontur bei einer Dicke s zwischen 2 und 20 mm des Schneckensteges und einer Leckspaltweite δ von bevorzugt < 0.05 mm bevorzugt eine Anphasung von $30-45^\circ$ über eine von außen gemessenen Schneckensteghöhe von ≥ 2 mm bzw. einen Radius von ≥ 2 mm besitzt.
- 20

17. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schneckenkanalhöhe über der Extruderlänge den Viskositätsverhältnissen in der Masse derart angepasst wird, dass im Eintrittsbereich in den Extruder (I) ein Verhältnis der Schneckenkanalhöhe H zum Schneckenaußendurchmesser bevorzugt zwischen 0.03 und 0.07, in der Extrudermitte (II) zwischen 0.1 und 0.15 und im dritten Längendrittel des Extruders zwischen 0.1 und 0.25 besitzt.

18. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schneckenkanalhöhe über der Extruderlänge in Massedurchströmungsrichtung gleichmäßig derart aufgeweitet, dass die durch den Schneckeninnen-durchmesser gebildete Konturlinie des abgewickelten Schneckenkanals zwischen dem Eintrittsbereich der Masse in den Extruder und deren Austrittsbereich, mit der Längssymmetrieachse der Schnecke einen Winkel von 0.03-0.1°, bevorzugt 0.05-0.07° ausbildet.

19. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** im ersten Längendrittel des Extruders Schnecke(n) mit 3-7, bevorzugt 4-5 Schneckengängen, im zweiten Längendrittel 2-4, bevorzugt 2-3 Schneckengängen und im dritten und letzten Längendrittel mit 2-3, bevorzugt 1-2 Schneckengängen realisiert werden.

20. Vorrichtung nach den Ansprüchen 14 und 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mit zunehmender Extruderlänge realisierte Anzahl von Schneckengängen

über eine Anzahl von 2-10, bevorzugt 3-5 gleichlangen oder in der Länge variablen Längensegmenten sukzessive von Segment zu Segment um 1-2 reduziert wird.

- 5 21. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Masseintrittszone des Extruders Schneckensteigungswinkel zwischen 35 und 90°, bevorzugt zwischen 45 und 60°, in der Extrudermitte zwischen 30 und 45, bevorzugt zwischen 30 und 35°, im letzten Längendrittel des Extruders zwischen 20 und 35°, bevorzugt zwischen 25 und 30° realisiert werden.

10

22. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schneckensteigungswinkel zwischen der Masseintritts- und deren Austrittszone in den Extruder konstant oder variable, jedoch stetig zwischen 45-90°, bevorzugt 45-60° in der Masseintrittszone des Extruders auf 20-35°, bevorzugt 25-30° in der Masseaustrittszone reduziert wird.

15

23. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** Aussparungen in den Schneckenstegen im Eintrittsbereich der Masse, welcher 10-30 %, bevorzugt 15-20 % der Extruderlänge beträgt, Eiskremmasse in den Extruder realisiert werden.

20

24. Vorrichtung nach den Ansprüchen 14 und 21-23, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Vorhandensein mehrerer Schneckengänge die Aussparungen axial

derart versetzt angeordnet sind, dass ein Abschaben der Masse an der Extrudergehäuseinnenwand an jedem Ort gewährleistet ist.

25. Vorrichtung nach den Ansprüchen 14 und 23, **dadurch gekennzeichnet, dass**
5 die Breite der Aussparungen in den Schneckenstegen das 0.5 -3 fache, bevorzugt das Ein- bis zweifache der Schneckenkanalhöhe beträgt und die Breite der nicht ausgesparten Schneckenstegteile genauso dimensioniert wird.

26. Vorrichtung nach den Ansprüchen 14, 23 und 24, **dadurch gekennzeichnet,**
10 **dass** für einen Teil oder alle Aussparungen in den Schneckenstegen kämmend eingreifende mit dem Extrudergehäuse verbundene Einbauten vorgesehen werden.

27. Vorrichtung nach den Ansprüchen 14 und 25, **dadurch gekennzeichnet, dass**
15 die in die Aussparungen in den Schneckenstegen kämmend eingreifenden, mit dem Extrudergehäuse verbundene Einbauten über dem Umfang der Extrudergehäuseinnenwand zwei bis zehnfach, bevorzugt drei- bis fünffach regelmäßig oder unregelmäßig verteilt angeordnet sind.

20 28. Vorrichtung nach den Ansprüchen 14 und 25-27, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Vorhandensein mehrerer Schneckengänge die Aussparungen axial nicht versetzt angeordnet um ein Passieren der kämmenden Einbauten in Umfangsrichtung problemlos zu ermöglichen.

29. Vorrichtung nach den Ansprüchen 14 und 28, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich alle beschriebenen Geometriemerkmale sowohl auf Einschnecken- als auch Zweischnckenextruder zur Tieftemperaturextrusion belüfteter, gefrorener Massen beziehen.

Schröder GmbH & Co. KG
Falkenstraße 51 – 57
D-23564 Lübeck

**Tieftemperaturextrusionsverfahren und Vorrichtung zur energieoptimierten
und viskositätsadaptierten Mikrostrukturierung von gefrorenen, belüfteten
Massen**

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Tieftemperaturextrusionsverfahren und eine zum Durchführen dieses Verfahrens geeignete Vorrichtung zur energieoptimierten und viskositätsadaptierten Mikrostrukturierung von gefrorenen, belüfteten Massen. Dabei soll bei feindisperser Mikrostruktur eine optimierte Abfuhr von Wärme erreicht werden zur Erzielung eines hohen Gefriergrades bei tiefen Temperaturen. Mittels dieses neuen Verfahrens und der Vorrichtung lassen sich belüftete Massen unter bislang nicht erreichter Minimierung des mechanischen Energie- bzw. Leistungseintrages kontinuierlich tiefgefrieren und optimiert mikrostrukturieren. Dies erlaubt unter gleichzeitig optimierten Wärmeübertragungsbedingungen von z. B. der Eiscrememasse auf das Kältemittel die Erzielung hoher Ausgefriergrade der Masse und damit tiefe Austrittstemperaturen am Austritt des erfindungsgemäßen konfigurierten Extrusionsprozesses. Die Mikrostruktur derart bearbeiteter Massen bewirkt einerseits eine sehr vorteilhaft weich-plastische Konsistenz, was sehr gute Formgebungs-, Portionier- und Löffeleigenschaften auch bei tiefen Temperaturen nach sich zieht.

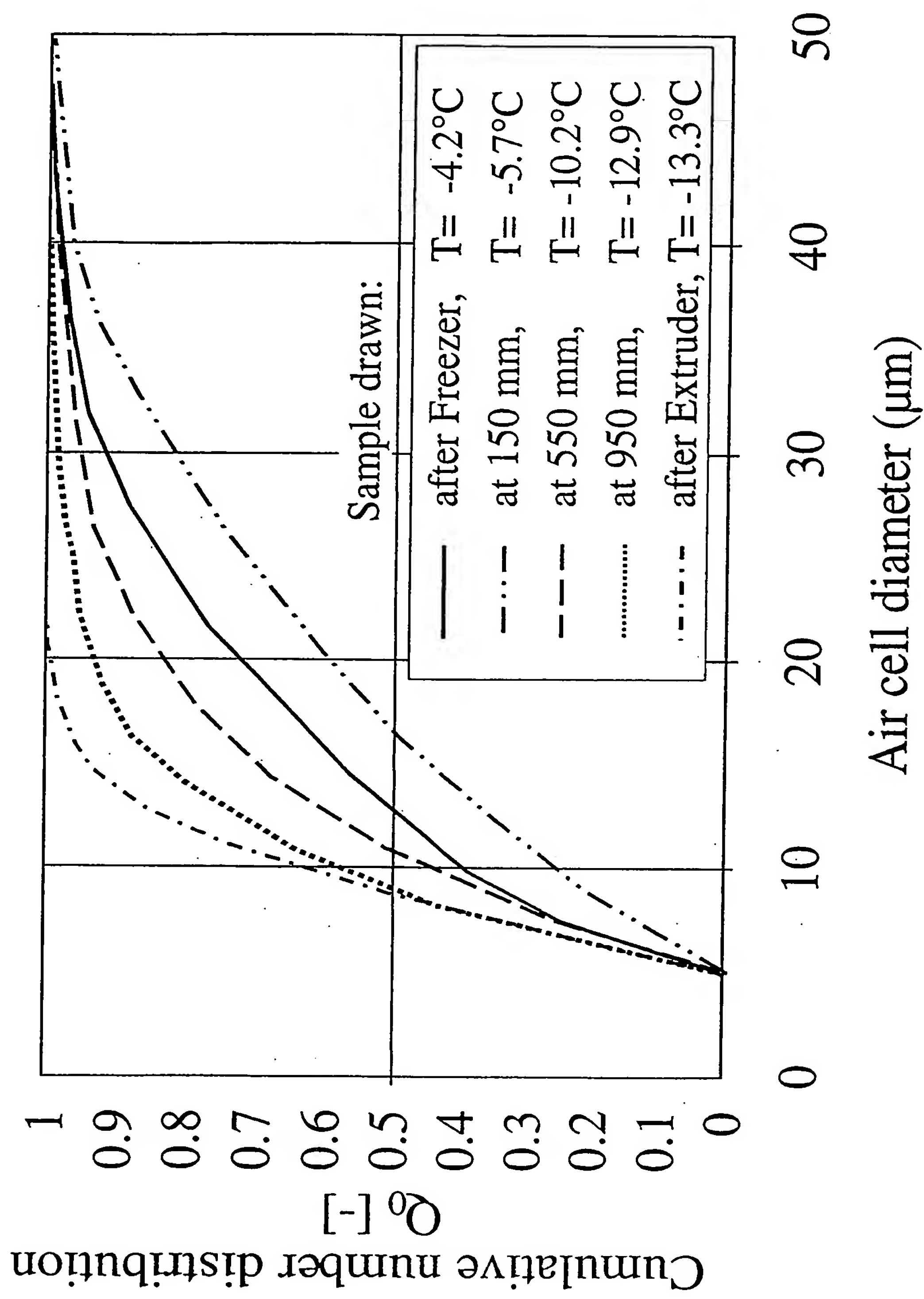


Fig. 1

Screw-Configuration 1

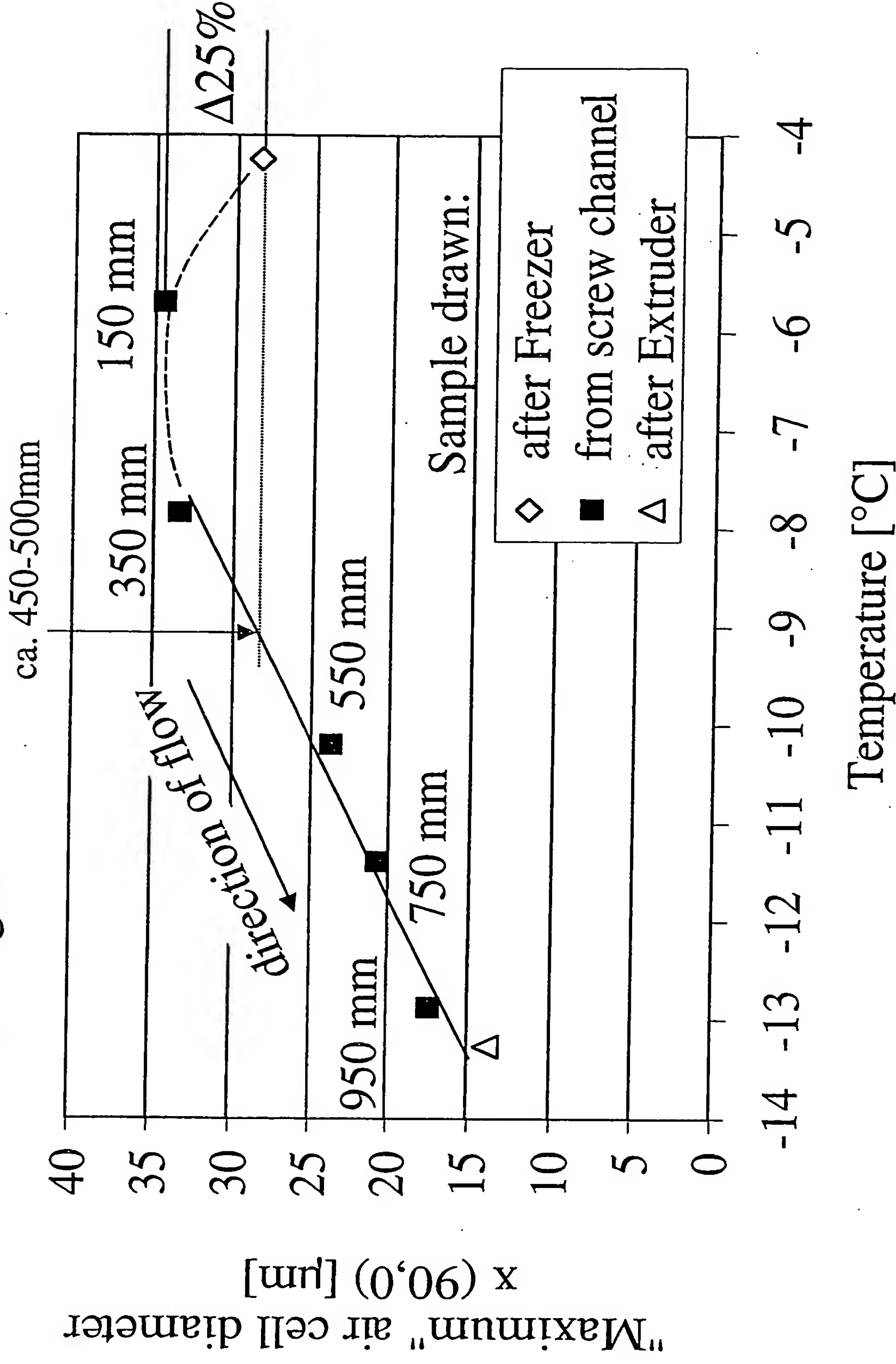


Fig. 2

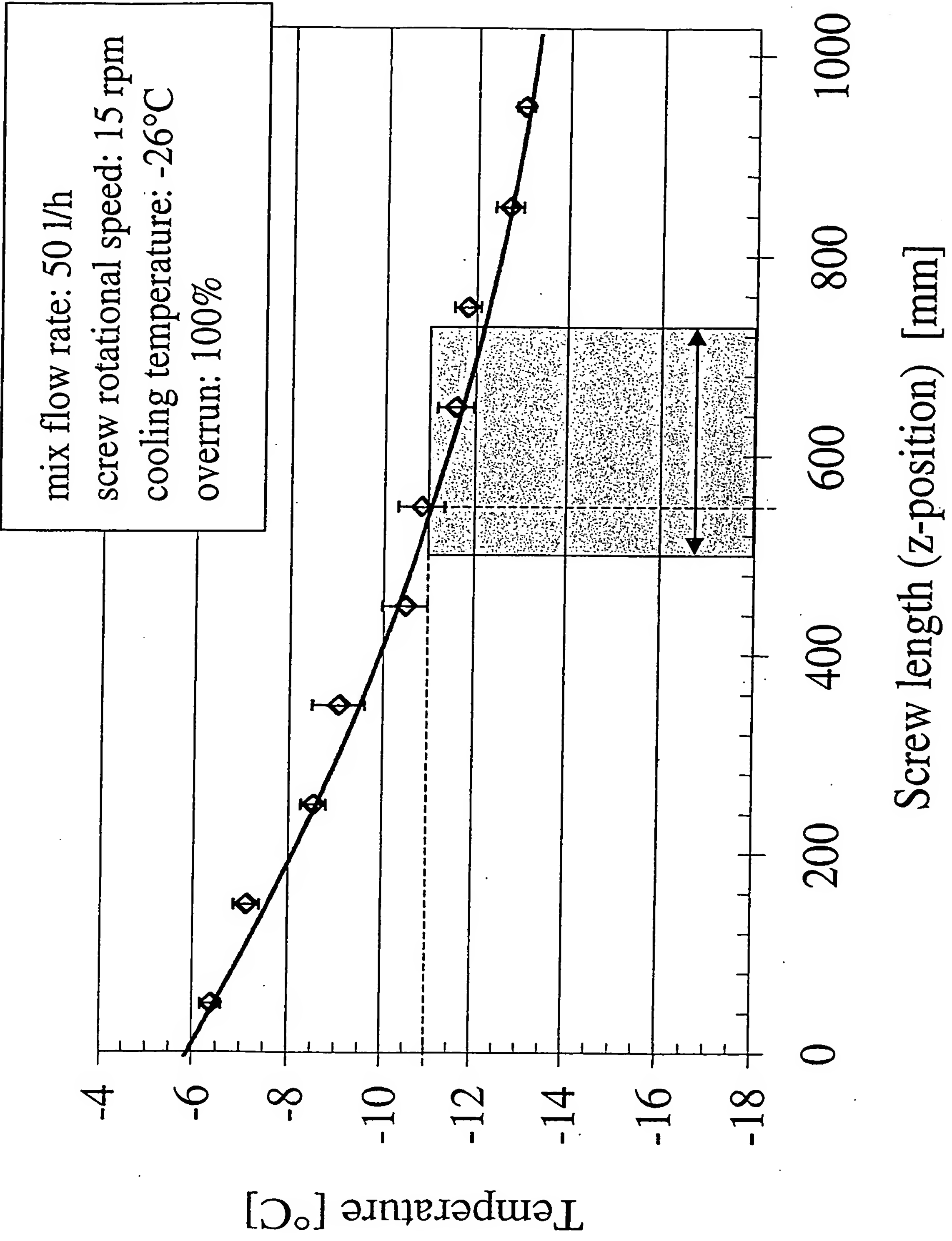


Fig. 3

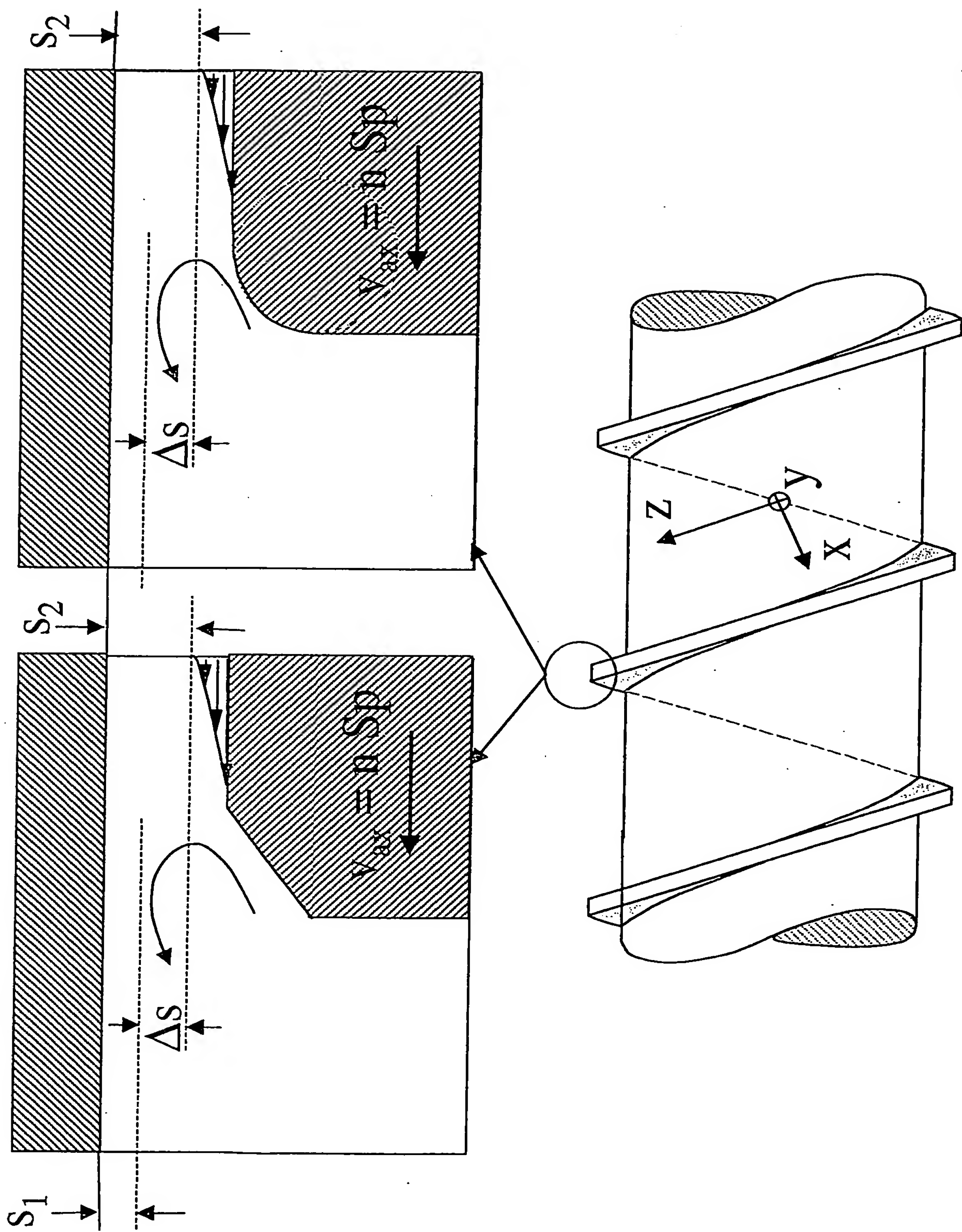


Fig. 4

Zahl der
Schneckengänge: 2

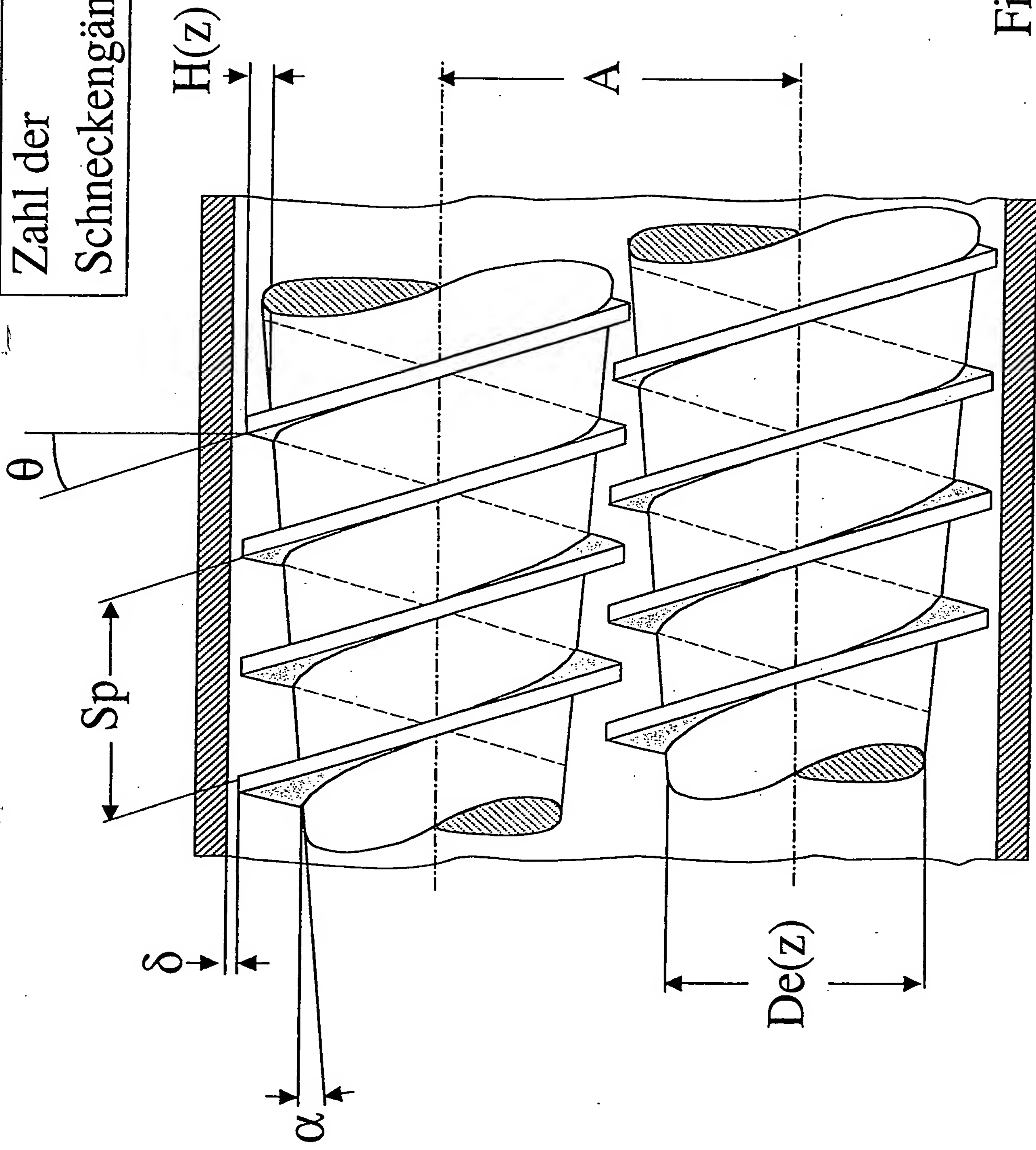


Fig. 5

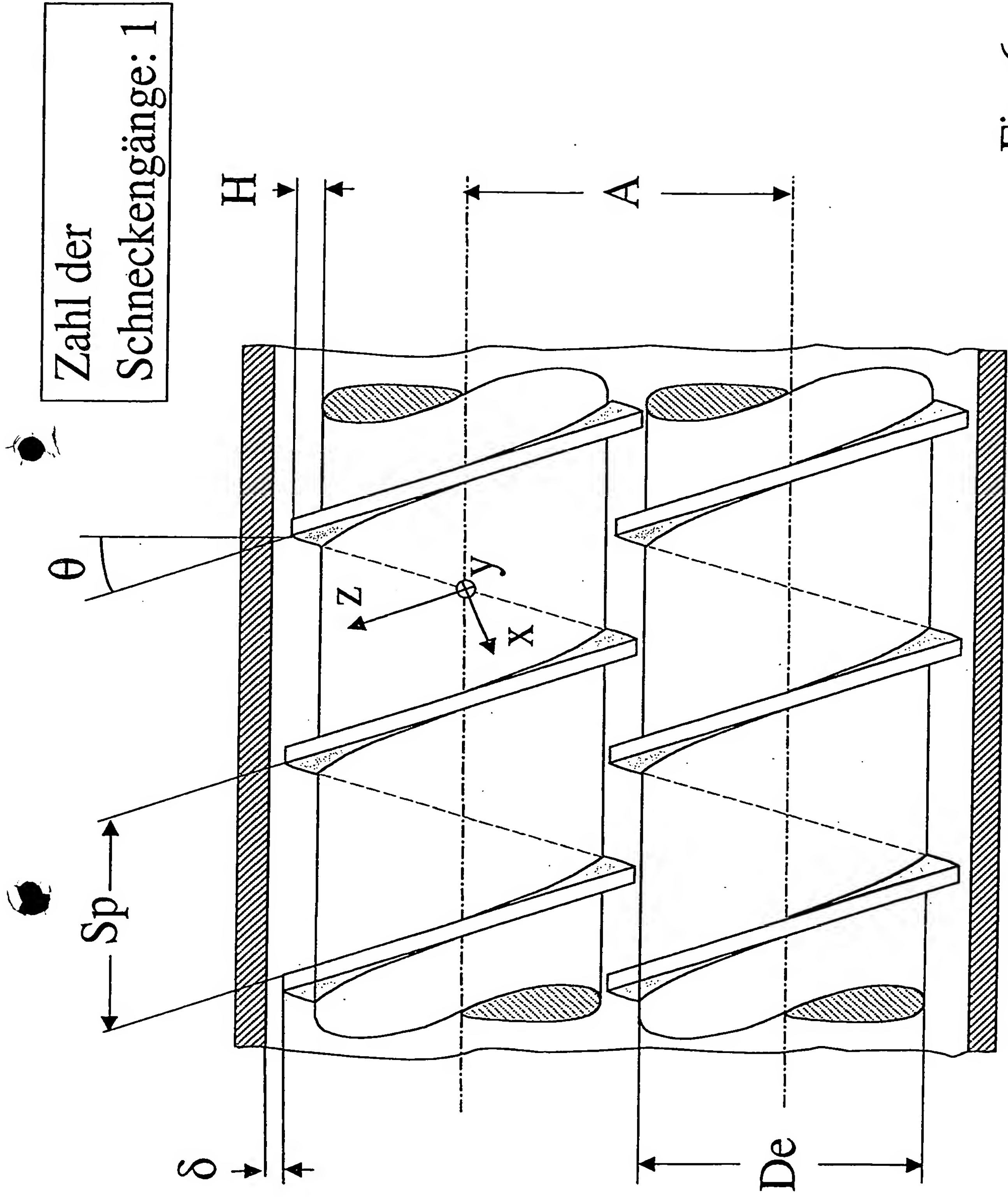


Fig. 6

Zahl der

Schneckengänge: 2

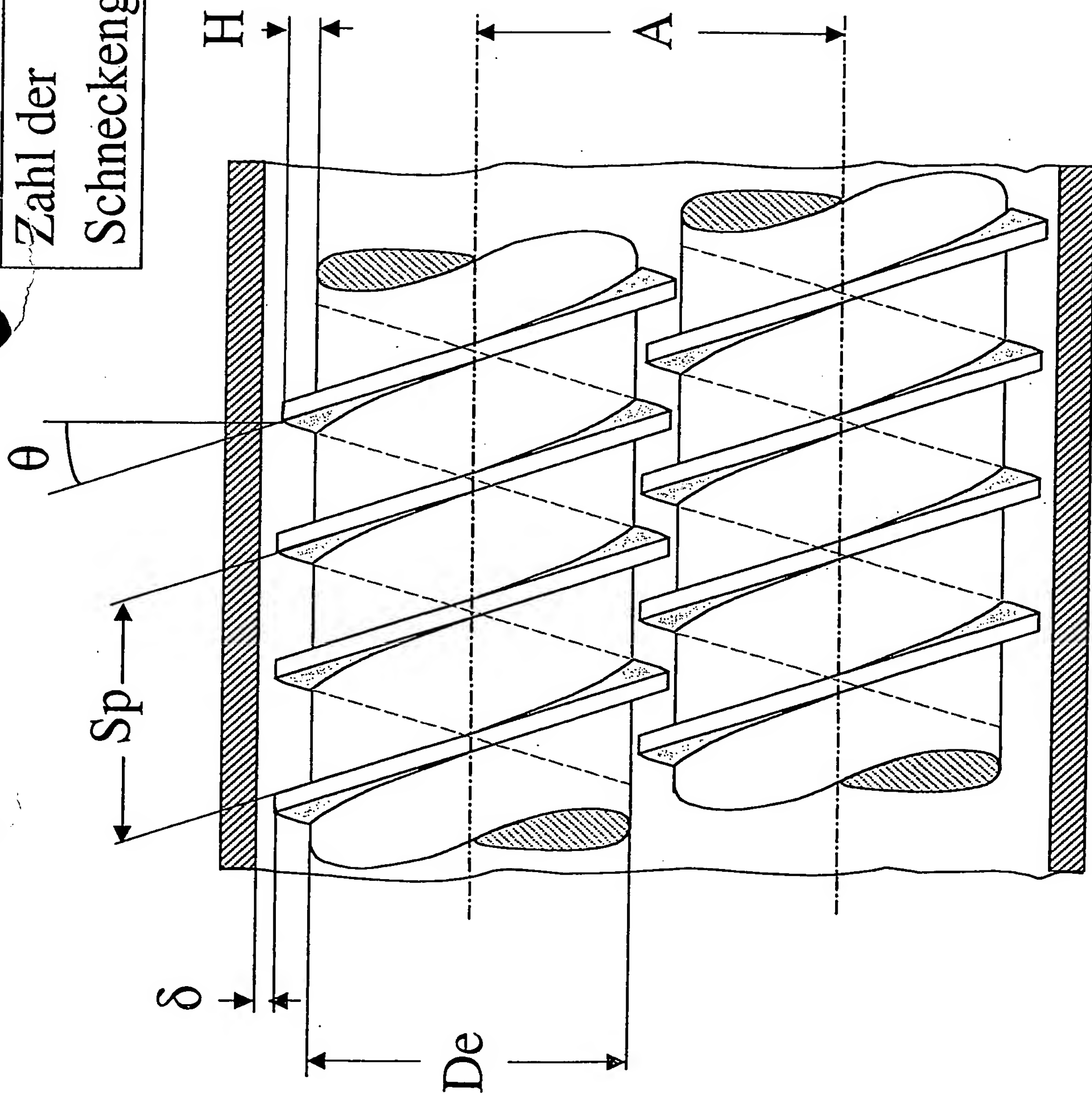


Fig. 7

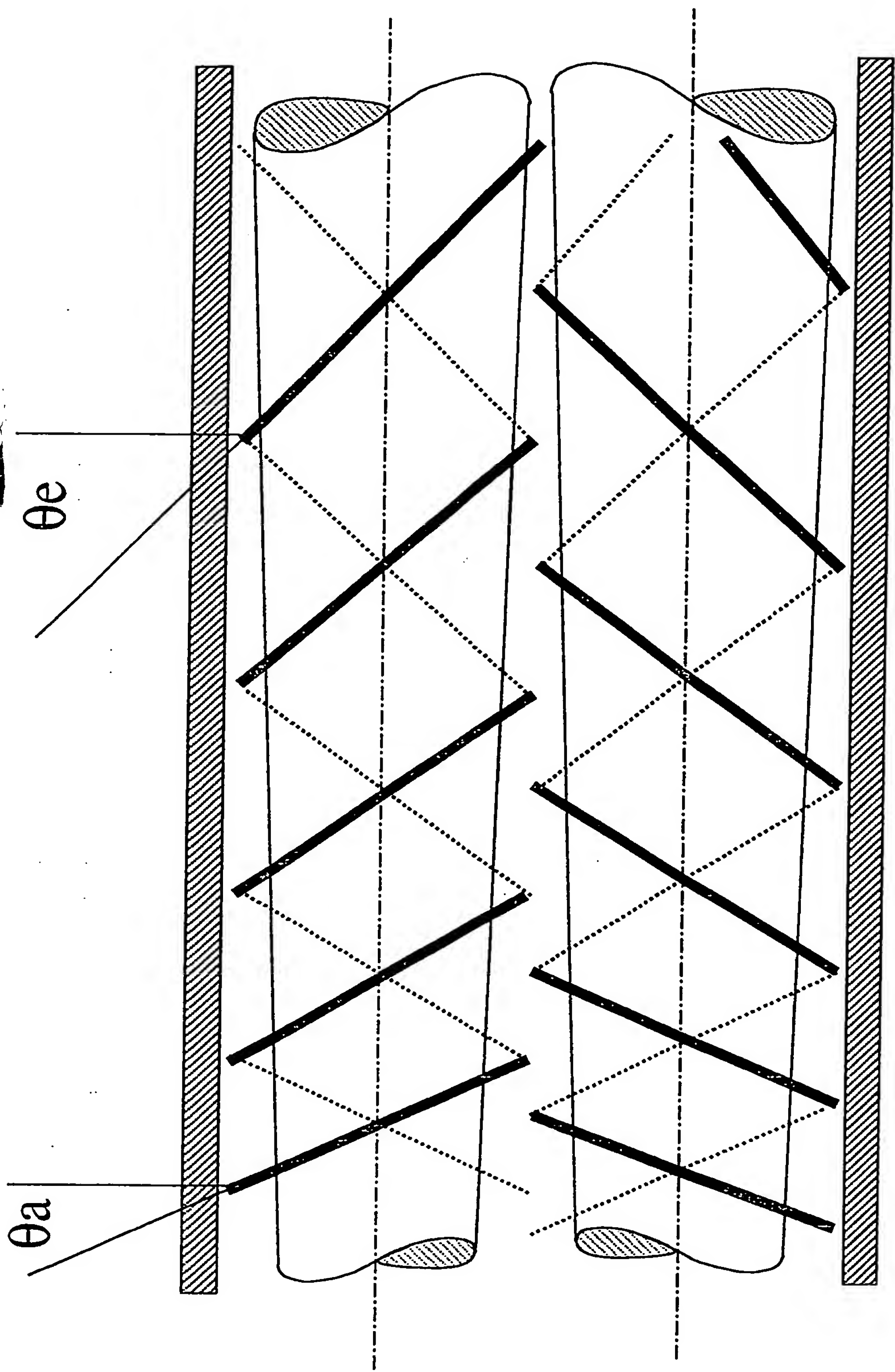


Fig. 8

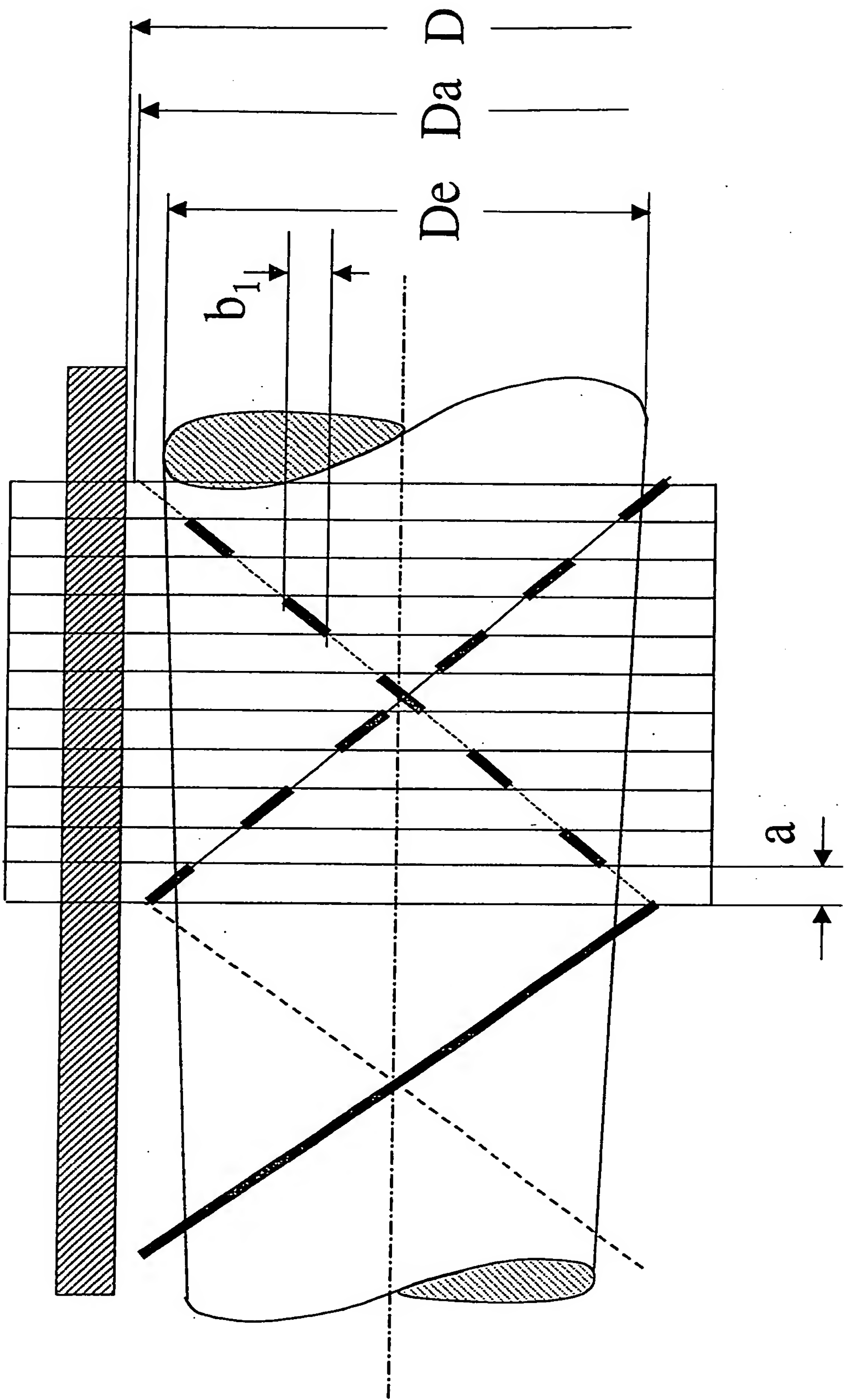


Fig. 9

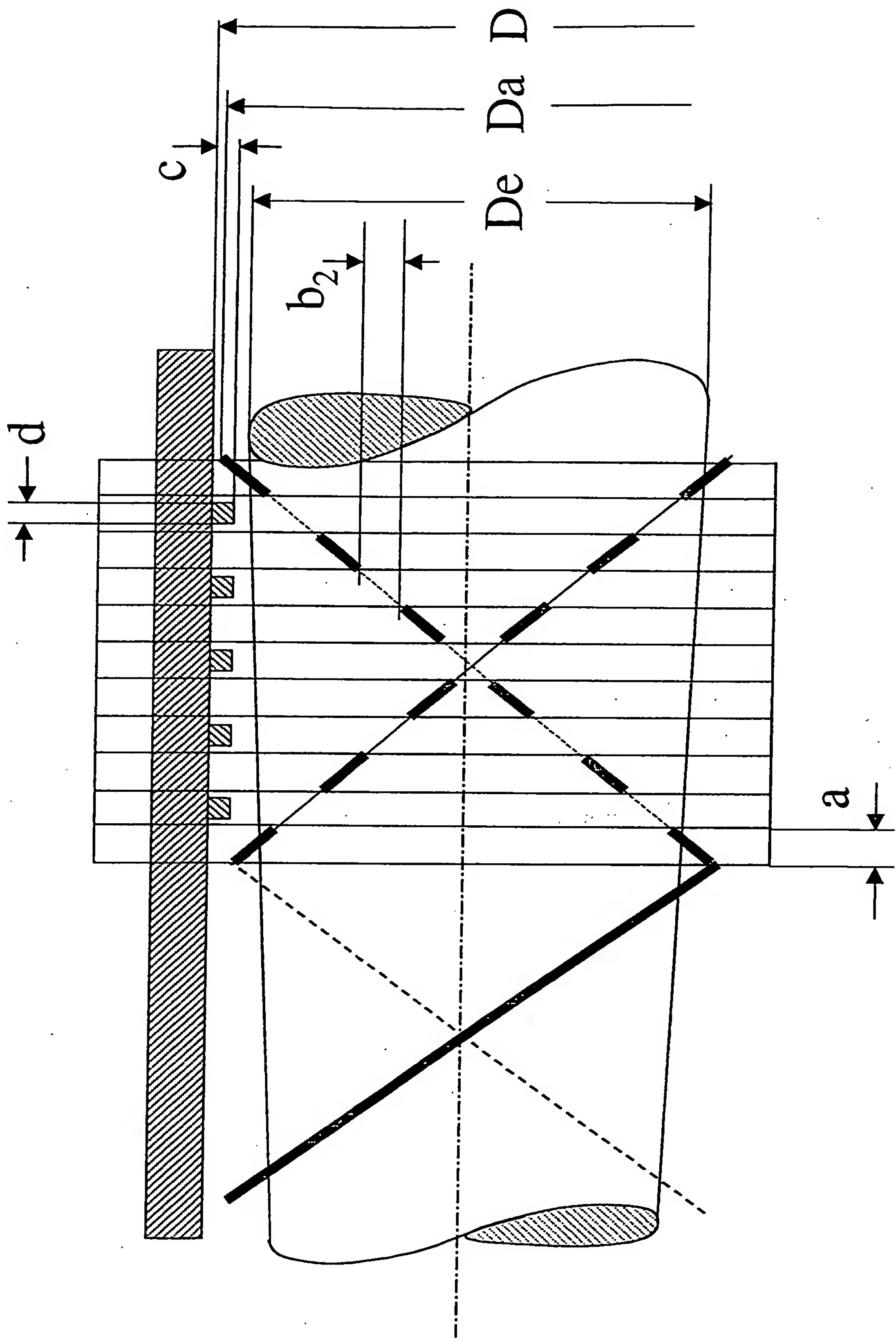


Fig. 10

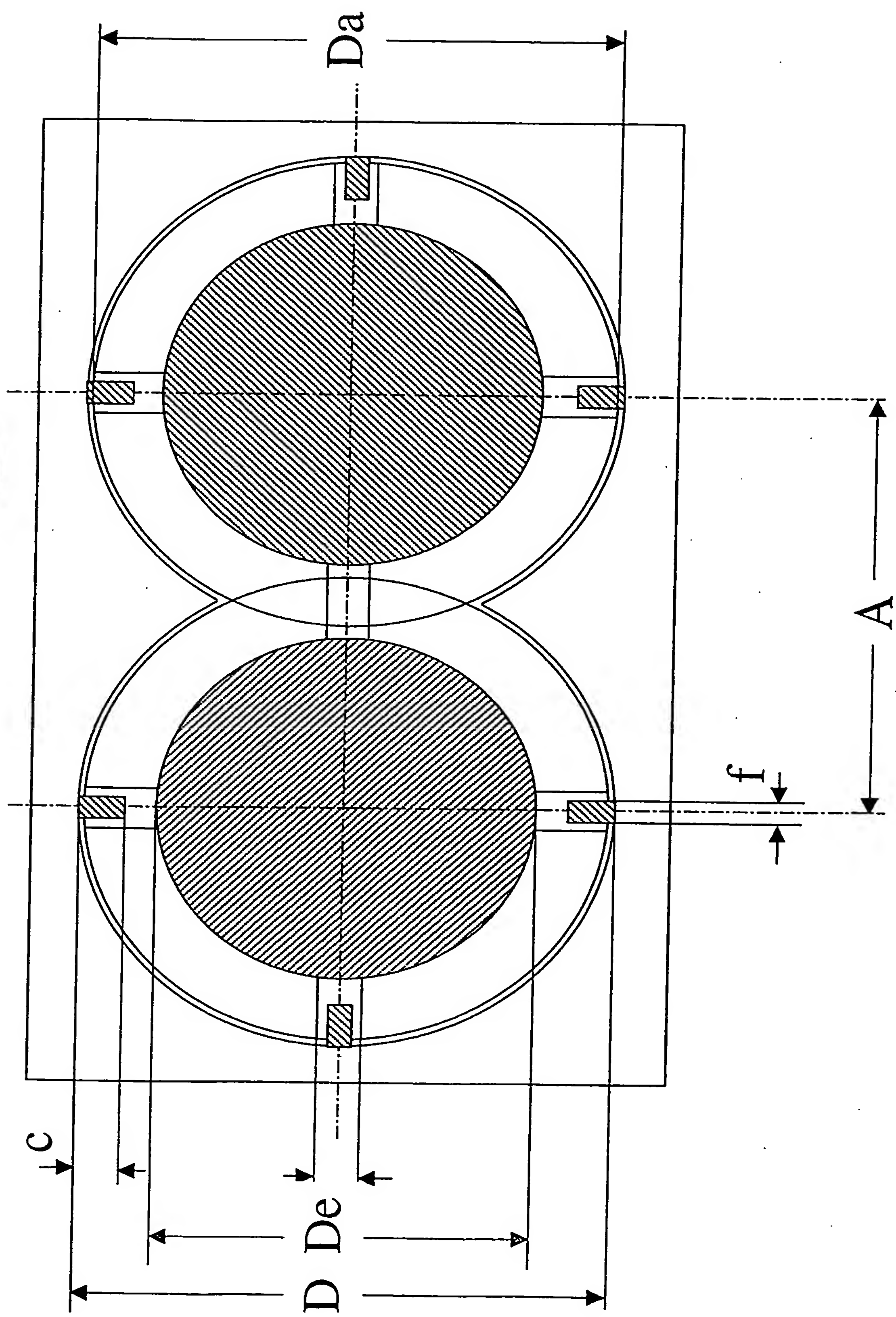


Fig. 11

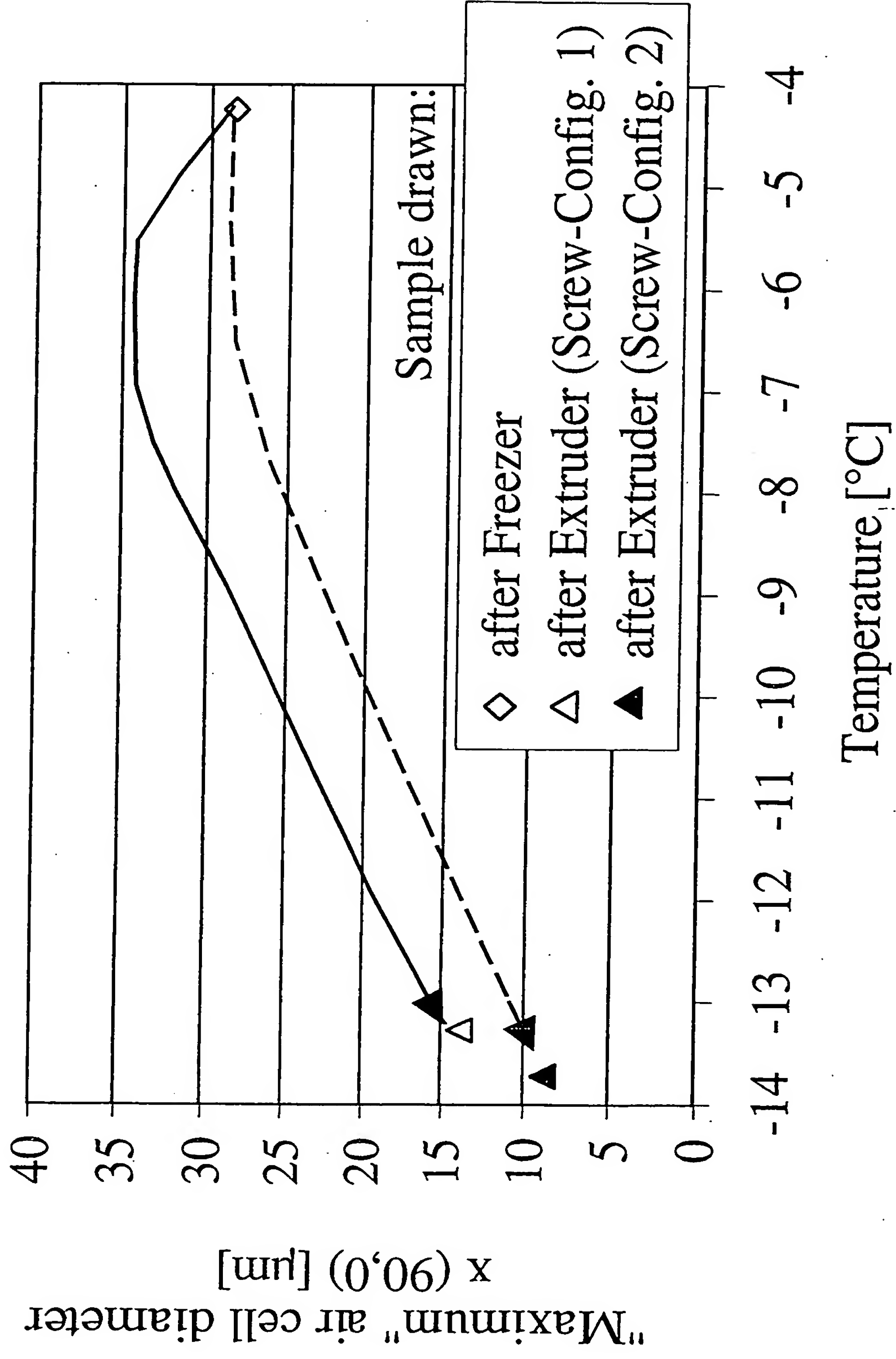


Fig. 12